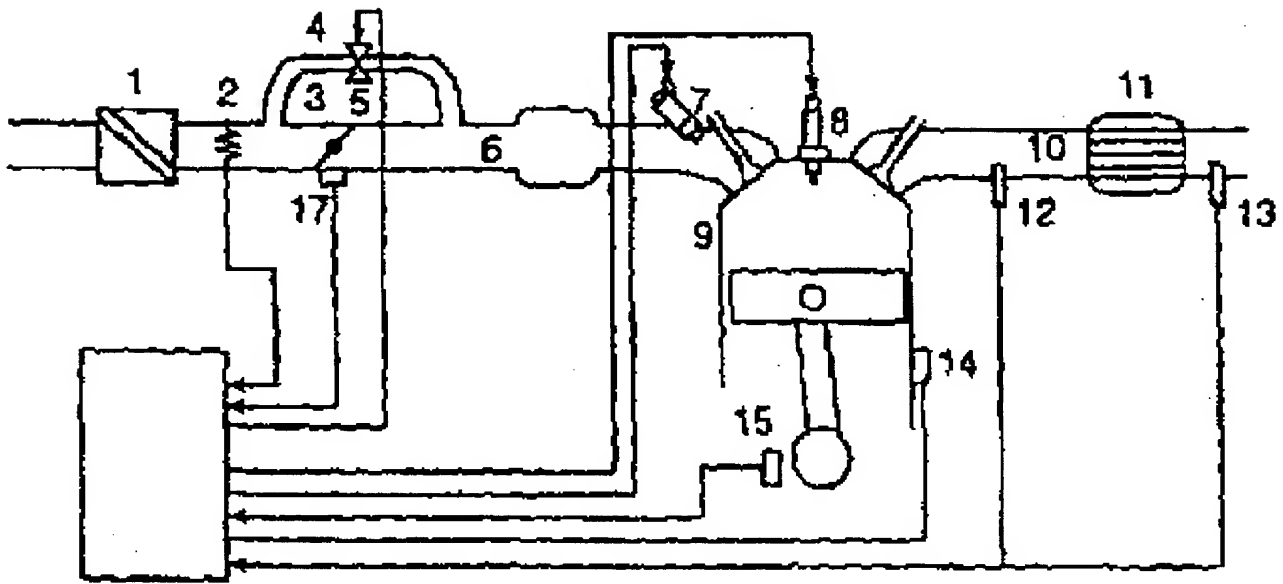


AN: PAT 2001-235898  
TI: Control of the fuel-air ratio at the inlet to an automotive catalytic converter by use of a feedback controller for the mixture supplied to the engine and an additional controller for the air-fuel ratio at the converter inlet  
PN: **DE10028570-A1**  
PD: 14.12.2000  
AB: NOVELTY - Control of the air-fuel ratio at the inlet (10) to a catalytic converter (11) is via two controllers, the first of which controls the air-fuel ratio at the engine (9) inlet, based on one or more oxygen sensors in the converter inlet, converter itself or its outlet and the second of which controls the air-fuel ratio at the inlet (10) to the converter if the first controller has overcompensated. DETAILED DESCRIPTION - The control mechanism of the first controller is a feedback mechanism, the second controls the operation of a substance for capturing or releasing oxygen in the atmosphere prior to the converter. An INDEPENDENT CLAIM is made for a procedure for controlling the air-fuel ratio at the inlet to a catalytic converter.; USE - Control of the air-fuel ratio at the inlet to an automotive catalytic converter so that it lies in the narrow optimum range in which removal of pollutants such as hydrocarbons, nitrous oxides and carbon monoxide is optimized. ADVANTAGE - The addition of an extra controller for the air-fuel ratio prior to the catalytic converter means that an optimum ratio is obtained more quickly than with just one feedback controller based on controlling the air-fuel ratio in the engine. DESCRIPTION OF DRAWING(S) - Figure shows a schematic view of an internal combustion engine fitted with a catalytic converter. engine 9 catalytic converter 11 oxygen sensors 12, 13 inlet to the catalytic converter 10  
PA: (HITA ) HITACHI LTD; (HITA-) HITACHI CAR ELECTRONICS KK; (HITA-) HITACHI CAR ENG CO LTD;  
IN: ISHII T; NAKAGAWA S; OHSUGA M; TAKAKU Y; TAKAMURA H;  
FA: **DE10028570-A1** 14.12.2000; **DE10028570-B4** 13.05.2004; JP2000352338-A 19.12.2000; US6324836-B1 04.12.2001;  
CO: DE; JP; US;  
IC: F01N-003/00; F02D-041/14;  
MC: X22-A03A2A; X22-A03J;  
DC: Q51; Q52; X22;  
FN: 2001235898.gif  
PR: JP0163442 10.06.1999;  
FP: 14.12.2000  
UP: 19.05.2004

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 28 570 A 1**

⑤⑦ Int. Cl. 7:  
**F 02 D 41/14**

⑳ Aktenzeichen: 100 28 570.8  
㉑ Anmeldetag: 9. 6. 2000  
㉒ Offenlegungstag: 14. 12. 2000

**DE 100 28 570 A 1**

③① Unionspriorität:  
11-163442 10. 06. 1999 JP  
⑦① Anmelder:  
Hitachi, Ltd., Tokio/Tokyo, JP; Hitachi Car  
Engineering Co., Ltd., Hitachinaka, Ibaraki, JP  
⑦④ Vertreter:  
Beetz und Kollegen, 80538 München

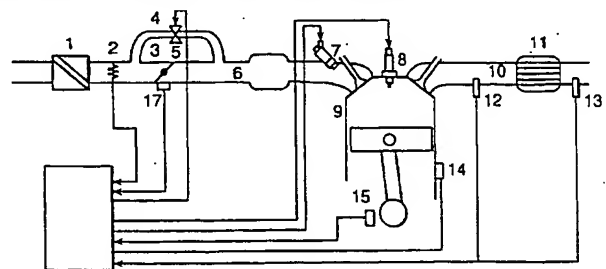
⑦② Erfinder:  
Nakagawa, Shinji, Hitachinaka, Ibaraki, JP; Ishii,  
Toshio, Mito, Ibaraki, JP; Takaku, Yutaka, Mito,  
Ibaraki, JP; Ohsuga, Minoru, Hitachinaka, Ibaraki,  
JP; Takamura, Hiroyuki, Hitachinaka, Ibaraki, JP

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Vorrichtung und Verfahren zum Steuern des Luft-/Kraftstoffverhältnisses in Brennkraftmaschinen

⑤⑦ Falls das Ausgangssignal eines Sauerstoffsensors (13), der sich auf der Auslaßseite eines Katalysators (11) befindet, von einem vorgegebenen Bereich abweicht, wird das Luft-/Kraftstoffverhältnis auf der Einlaßseite des Katalysators (11) überkorrigiert, damit es einen mageren oder fetteren Wert außerhalb des Bereichs mit vorgegebener Reinigungseffizienz annimmt, falls das Ausgangssignal des Sauerstoffsensors (13) auf der Auslaßseite des Katalysators (11) ein fettes bzw. mageres Abgas angibt, so daß das Ausgangssignal des Sauerstoffsensors (13) auf der Auslaßseite des Katalysators (11) so schnell wie möglich in einen vorgegebenen Bereich zurückkehrt.



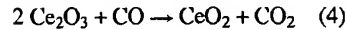
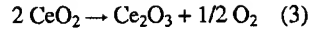
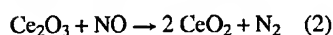
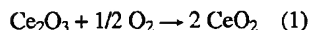
**DE 100 28 570 A 1**

Die Erfindung betrifft das Gebiet der Steuerung von Brennkraftmaschinen und insbesondere eine Vorrichtung und ein Verfahren zum schnellen Korrigieren des Luft-/Kraftstoffverhältnisses (im folgenden mit L/K-Verhältnis bezeichnet), wenn der Reinigungszustand des Abgases hinter einer in einem Abgasrohr angeordneten Katalysatoreinheit verschlechtert ist.

Im Abgasrohr einer Brennkraftmaschine befindet sich im allgemeinen eine Katalysatoreinheit, die einen Dreiwegekatalysator enthält, der in dem von der Brennkraftmaschine ausgestoßenen Abgas HC und CO oxidiert und NO<sub>x</sub> reduziert. Für den Katalysator werden Übergangsmetalle wie Pt, Pd, Rh usw. verwendet. Verunreinigungen wie etwa HC, CO und NO<sub>x</sub> werden nur in einen sehr schmalen Bereich in der Nähe des stöchiometrischen L/K-Verhältnisses effizient entfernt, wie in Fig. 2 gezeigt ist. Der Grund hierfür besteht darin, daß die Oxidationssubstanzen und die Reduktionssubstanzen im Gleichgewicht vorliegen müssen. Daher wird dem Dreiwegekatalysator ein typischer Promotor, nämlich Zeroxid, hinzugefügt, um den schmalen Bereich hocheffizienter Reinigung in der Nähe des stöchiometrischen L/K-Verhältnisses zu erweitern.

Zeroxid ist ein sauerstoffeffingendes Material, das Sauerstoff absorbiert und speichert. Ferner entläßt Zeroxid den Sauerstoff in einer Reduktionsatmosphäre, d. h. in einem Bereich, in dem das L/K-Verhältnis fetter als das stöchiometrische Verhältnis ist, während es Sauerstoff in einer Oxidationsatmosphäre, d. h. in einem Bereich, in dem das L/K-Verhältnis magerer als das stöchiometrische Verhältnis ist, einfängt, wodurch der Bereich, in dem die Oxidationssubstanzen und die Reduktionssubstanzen im Gleichgewicht vorhanden sein können, erweitert wird, wie in Fig. 3 gezeigt ist. Um ferner die Komponenten in dem von der Brennkraftmaschine ausgestoßenen Abgas unter verschiedenen Betriebsbedingungen innerhalb eines Bereichs mit hocheffizienter Reinigung zu halten, ist im Abgasrohr ein Sauerstoffsensor angeordnet, der erfaßt, ob das L/K-Verhältnis im Abgas magerer oder fetter als das stöchiometrische Verhältnis ist, wie in Fig. 4 gezeigt ist. Auf der Grundlage der Ausgangssignale des Sauerstoffsensors wird eine L/K-Verhältnis-Rückkopplungsregelung ausgeführt, um die Kraftstoffspritzmenge in der Weise zu steuern, daß das L/K-Verhältnis im Brennraum auf dem stöchiometrischen L/K-Verhältnis gehalten wird. Kürzlich ist ein Verfahren zur L/K-Verhältnis-Rückkopplungsregelung, das einen linearen L/K-Sensor, dessen Ausgangssignal zum L/K-Verhältnis des Abgases direkt proportional ist, wie in Fig. 5 gezeigt ist, in praktischen Gebrauch gelangt.

Während die obige L/K-Verhältnis-Rückkopplungsregelung darauf zielt, das L/K-Verhältnis auf der Einlaßseite des Katalysators auf dem stöchiometrischen Verhältnis zu halten, ist bekannt, daß die Leistung des Dreiwegekatalysators verbessert wird, wenn eine Steuerung der Atmosphäre im Katalysator, was den im Zeroxid (CeO<sub>2</sub>) eingefangenen Sauerstoff betrifft, verbessert wird. Da das Zeroxid in der Oxidationsatmosphäre NO<sub>x</sub> reduziert oder O<sub>2</sub> einfängt, wie durch die chemischen Gleichungen (1) und (2) gezeigt ist, und in der Reduktionsatmosphäre CO oxidiert oder O<sub>2</sub> freigibt, wie durch die chemischen Gleichungen (3) und (4) gezeigt ist, kann Zeroxid gleichzeitig HC, CO und NO<sub>x</sub> entfernen.



Um daher die Reinigungsleistung zu verbessern, ist es wichtig, nicht nur das L/K-Verhältnis auf der Einlaßseite des Katalysators aufrechtzuerhalten, sondern auch das Gleichgewicht der Mengen von CeO<sub>2</sub> und Ce<sub>2</sub>O<sub>3</sub> im Katalysator aufrechtzuerhalten. Aus JP Hei 9-72235-A und JP Hei 10-184436-A sind jeweils Steuerverfahren bekannt, bei denen die Menge von Zeroxid im Katalysator durch Einstellen der chemischen Atmosphäre im Katalysator gesteuert wird. Da es jedoch schwierig ist, das L/K-Verhältnis auf der Einlaßseite des Katalysators unter allen Betriebsbedingungen in dem Bereich mit hochwirksamer Reinigung zu halten, kann sich das L/K-Verhältnis auf der Einlaßseite des Katalysators gegenüber dem stöchiometrischen Verhältnis stark zum mageren oder fetten Gemisch verschieben, ferner kann häufig das Gleichgewicht der CeO<sub>2</sub>- und Ce<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Mengen verlorengehen. In solchen Fällen ist es wichtig, obwohl das L/K-Verhältnis auf der Einlaßseite des Katalysators schnell zum stöchiometrischen Verhältnis zurückkehren sollte, die Menge von Zeroxid auf den gewünschten Wert zurückzuführen. Ein schnelles Zurückführen der Menge von Zeroxid auf den gewünschten Wert kann durch Verbessern des Ansprechverhaltens der L/K-Verhältnis-Rückkopplungsregelung im Auslaßbereich der Brennkraftmaschine verwirklicht werden. Wie jedoch oben erwähnt worden ist, verschlechtert das Zeroxid manchmal das Ansprechverhalten auf eine Änderung des L/K-Verhältnisses im Katalysator. Das heißt, wenn das L/K-Verhältnis auf der Einlaßseite des Katalysators vom stöchiometrischen Verhältnis zu einem fetten Wert verschoben ist, wird Sauerstoff vom Zeroxid im Katalysator abgegeben, während die Reduktionsatmosphäre verstärkt wird, wodurch die Verstärkung der Reduktionsatmosphäre behindert wird. Wenn umgekehrt das L/K-Verhältnis auf der Einlaßseite des Katalysators vom stöchiometrischen Verhältnis zu einem mageren Wert verschoben ist, wird durch das Zeroxid im Katalysator Sauerstoff eingefangen oder gespeichert, während die Oxidationsatmosphäre verstärkt wird, wodurch die Verstärkung der Oxidationsatmosphäre behindert wird. Dies wird durch das Phänomen bestätigt, daß eine Phasenverzögerung bei den Änderungen der L/K-Verhältnisse vor und hinter dem Katalysator beobachtet werden kann, wenn das L/K-Verhältnis auf der Einlaßseite des Katalysators geändert wird. Da das Einschwingansprechverhalten des Zeroxids im Katalysator in der herkömmlichen Regelung für eine Rückführung des L/K-Verhältnisses auf der Einlaßseite des Katalysators zum stöchiometrischen Wert nicht berücksichtigt wird, wird optimales Ansprechverhalten des L/K-Verhältnisses im Katalysator nicht erzielt, so daß die Qualitätsverschlechterung des Abgases nicht korrigiert werden kann.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Steuern des Luft-/Kraftstoffverhältnisses in Brennkraftmaschinen zu schaffen, mit denen die Qualitätsverschlechterung des Abgases durch Korrigieren des L/K-Verhältnisses auf der Einlaßseite des Katalysators schnell rückgängig gemacht werden kann, so daß das Ansprechverhalten des L/K-Verhältnisses auf der Auslaßseite des Katalysators bezüglich der Wirkungen von Zeroxid als Promotor so schnell wie möglich ist, wenn das L/K-Verhältnis auf der Auslaßseite des Katalysators von dem Bereich mit hochwirksamer Reinigung des Katalysators abweicht.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Vorrichtung zum Steuern des Luft-/Kraftstoffverhältnisses in Brennkraftmaschinen nach Anspruch 1 oder 2 bzw. durch

ein Verfahren zum Steuern des Luft-/Kraftstoffverhältnisses in Brennkraftmaschinen nach Anspruch 12 oder 13. Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Steuern des Luft-/Kraftstoffverhältnisses in Brennkraftmaschinen ist versehen mit einer Katalysatoreinheit zum Reinigen des Abgases von einer Brennkraftmaschine und einer Luft-/Kraftstoffverhältnis-Erfassungseinrichtung, die das Luft-/Kraftstoffverhältnis wenigstens auf der Auslaßseite der Katalysatoreinheit erfaßt. Die Vorrichtung umfaßt gemäß einem Aspekt der Erfindung eine erste Steuereinrichtung, die die Kraftstoffmenge und/oder die Luftmenge, die der Brennkraftmaschine zuzuführen sind, unter Verwendung einer Rückkopplungsregelung steuert, die auf den Luft-/Kraftstoffverhältnissen auf der Einlaßseite und/oder der Auslaßseite und/oder innerhalb der Katalysatoreinheit basiert, und eine zweite Steuereinrichtung, die das Luft-/Kraftstoffverhältnis auf der Einlaßseite der Katalysatoreinheit so steuert, daß es in einem Bereich mit vorgegebener Reinigungseffizienz liegt, nachdem das Luft-/Kraftstoffverhältnis auf der Einlaßseite der Katalysatoreinheit so überkorrigiert worden ist, daß es einen fetteren Wert außerhalb des Bereichs mit vorgegebener Reinigungseffizienz besitzt, falls ein Ausgangssignal der Luft-/Kraftstoffverhältnis-Erfassungseinrichtung von einem vorgegebenen Bereich abweicht und das Luft-/Kraftstoffverhältnis auf der Auslaßseite der Katalysatoreinheit mager ist.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung umfaßt die Vorrichtung eine erste Steuereinrichtung, die die Kraftstoffmenge und/oder die Luftmenge, die der Brennkraftmaschine zuzuführen sind, unter Verwendung einer Rückkopplungsregelung steuert, die auf den Luft-/Kraftstoffverhältnissen auf der Einlaßseite und/oder der Auslaßseite und/oder innerhalb der Katalysatoreinheit basiert, und eine zweite Steuereinrichtung, die das Luft-/Kraftstoffverhältnis auf der Einlaßseite des Katalysators so steuert, daß es innerhalb eines Bereichs mit vorgegebener Reinigungseffizienz liegt, nachdem das Luft-/Kraftstoffverhältnis auf der Einlaßseite der Katalysatoreinheit so überkorrigiert worden ist, daß es einen mageren Wert außerhalb des Bereichs mit vorgegebener Reinigungseffizienz besitzt, falls ein Ausgangssignal der Luft-/Kraftstoffverhältnis-Erfassungseinrichtung von einem vorgegebenen Bereich abweicht und das Luft-/Kraftstoffverhältnis auf der Auslaßseite der Katalysatoreinheit fett ist.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Steuern des Luft-/Kraftstoffverhältnisses im Abgas von Brennkraftmaschinen unter Verwendung einer Steuervorrichtung, die eine Katalysatoreinheit zum Reinigen des Abgases von einer Brennkraftmaschine enthält, umfaßt gemäß einem Aspekt die folgenden Schritte: Erfassen wenigstens des Luft-/Kraftstoffverhältnisses auf der Auslaßseite der Katalysatoreinheit, Steuern der Kraftstoffmenge und/oder der Luftmenge, die der Brennkraftmaschine zugeführt werden, indem eine Rückkopplungsregelung verwendet wird, die auf den Luft-/Kraftstoffverhältnissen auf der Einlaßseite und/oder auf der Auslaßseite und/oder innerhalb der Katalysatoreinheit basiert, und Steuern des Luft-/Kraftstoffverhältnisses auf der Einlaßseite der Katalysatoreinheit in der Weise, daß es in einem Bereich mit vorgegebener Reinigungseffizienz liegt, nachdem das Luft-/Kraftstoffverhältnis auf der Einlaßseite der Katalysatoreinheit so überkorrigiert worden ist, daß es einen fetteren Wert außerhalb des Bereichs mit vorgegebener Reinigungseffizienz besitzt, falls ein aus der Luft-/Kraftstoffverhältnis-Erfassung sich ergebender Wert von einem vorgegebenen Bereich abweicht und das Luft-/Kraftstoffverhältnis auf der Auslaßseite der Katalysatoreinheit mager ist.

Das Verfahren umfaßt gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung die folgenden Schritte: Erfassen wenigstens des Luft-/Kraftstoffverhältnisses auf der Auslaßseite der Katalysatoreinheit, Steuern der Kraftstoffmenge und/oder der Luftmenge, die der Brennkraftmaschine zugeführt werden, indem eine Rückkopplungsregelung verwendet wird, die auf den Luft-/Kraftstoffverhältnissen auf der Einlaßseite und/oder auf der Auslaßseite und/oder innerhalb der Katalysatoreinheit basiert, und Steuern eines Luft-/Kraftstoffverhältnisses auf der Einlaßseite der Katalysatoreinheit in der Weise, daß es innerhalb eines Bereichs mit vorgegebener Reinigungseffizienz liegt, nachdem das Luft-/Kraftstoffverhältnis auf der Einlaßseite der Katalysatoreinheit so überkorrigiert worden ist, daß es einen mageren Wert außerhalb des Bereichs mit vorgegebener Reinigungseffizienz besitzt, falls ein aus der Luft-/Kraftstoffverhältnis-Erfassung sich ergebender Wert von einem vorgegebenen Bereich abweicht und das Luft-/Kraftstoffverhältnis auf der Auslaßseite der Katalysatoreinheit fett ist.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden deutlich beim Lesen der folgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen, die auf die Zeichnung Bezug nimmt; es zeigen:

Fig. 1 einen schematischen Blockschaltplan, der den grundlegenden funktionalen Aufbau einer Vorrichtung zum Steuern des L/K-Verhältnisses für Brennkraftmaschinen erläutert;

Fig. 2, 3 Graphen zur Erläuterung des Bereichs der hoch-effizienten Reinigung, wenn ein lediglich aus Übergangsmetallen hergestellter Katalysator bzw. ein Katalysator, dem als Promotor Zeroxid hinzugefügt ist, verwendet werden;

Fig. 4, 5 Graphen zur Erläuterung der Ausgangscharakteristik eines Sauerstoffsensors bzw. eines L/K-Sensors;

Fig. 6 Zeitablaufpläne zur Erläuterung der Änderungen der L/K-Verhältnisse vor und hinter dem Katalysator, der Ausgangssignale des Sauerstoffsensors hinter dem Katalysator und der Konzentration von  $\text{NO}_x$  im Abgas hinter dem Katalysator, wenn das L/K-Verhältnis vor dem Katalysator mit einem Verfahren der Erfindung von einem mageren Verhältnis zu einem fetten Verhältnis korrigiert worden ist;

Fig. 7 Zeitablaufpläne zur Erläuterung der Änderungen der L/K-Verhältnisse vor und hinter den Katalysator, der Ausgangssignale des Sauerstoffsensors im Abgas hinter dem Katalysator, der Konzentration von  $\text{NO}_x$  im Abgas hinter dem Katalysator und der Konzentrationen von HC und CO hinter dem Katalysator, wenn das L/K-Verhältnis vor dem Katalysator mit einem Verfahren der Erfindung von einem fetten Verhältnis zu einem mageren Verhältnis korrigiert worden ist;

Fig. 8 eine Darstellung zur Erläuterung des Verfahrens des Änderns des Korrekturbetrags des L/K-Verhältnisses am Einlaß des Katalysators entsprechend dem Verschleierungsgrad des Katalysators;

Fig. 9 eine schematische Darstellung des Aufbaus einer Brennkraftmaschine, auf die die Vorrichtung gemäß dieser Ausführungsform der Erfindung angewendet wird;

Fig. 10 einen schematischen Blockschaltplan des Aufbaus der Steuereinheit nach Fig. 9;

Fig. 11 einen schematischen Blockschaltplan zur Erläuterung des Steuerverfahrens der Erfindung;

Fig. 12 einen Ablaufplan des Verfahrens zum Steuern des L/K-Verhältnisses auf der Einlaßseite des Katalysators, das in Fig. 4 gezeigt ist;

Fig. 13 einen schematischen Blockschaltplan des Verfahrens zum Steuern des L/K-Verhältnisses auf der Auslaßseite des Katalysators, das in Fig. 11 gezeigt ist;

Fig. 14 einen Ablaufplan des Verfahrens der Rückkopplungsregelung des L/K-Verhältnisses auf der Auslaßseite

des Katalysators, das in Fig. 13 gezeigt ist;

Fig. 15 einen Ablaufplan des Verfahrens der Vorwärtsregelung des L/K-Verhältnisses auf der Auslaßseite des Katalysators, das in Fig. 13 gezeigt ist;

Fig. 16 einen Ablaufplan des Korrekturverfahrens, das ausgeführt wird, wenn das L/K-Verhältnis auf der Auslaßseite des Katalysators fetter als der Grenzwert in Fig. 15 ist;

Fig. 17 einen Ablaufplan des Korrekturverfahrens, das ausgeführt wird, wenn das L/K-Verhältnis auf der Auslaßseite des Katalysators magerer als der Grenzwert in Fig. 15 ist;

Fig. 18, 19 Diagramme zur Erläuterung der Beziehung zwischen dem geschätzten Verschlechterungsgrad des Katalysators und dem Anfangswert (RFINITR) bzw. dem Erniedrigungskoeffizienten (GRFF) des Korrekturausdrucks für die Vorwärtsregelung;

Fig. 20, 21 Diagramme zur Erläuterung der Beziehung zwischen dem geschätzten Verschlechterungsgrad des Katalysators und dem Anfangswert (RFINITL) bzw. dem Erniedrigungskoeffizienten (GLFF) des Korrekturausdrucks für die Vorwärtsregelung;

Fig. 22 eine Darstellung zur Erläuterung des Setzens von RFFMAX und RFFMIN; und

Fig. 23, 24 Graphen zur Erläuterung der Änderungen im Ausgangssignal des Sauerstoffsensors ohne bzw. mit Anwendung des erfindungsgemäßen Steuerverfahrens.

Zunächst wird das grundlegende Konzept der Erfindung erläutert. Es werden beispielsweise die Steuerung in dem Fall, in dem das L/K-Verhältnis auf der Auslaßseite des Katalysators bei unterbrochener Kraftstoffeinspritzung zur mageren Seite verschoben ist, Übergangszustände im Betrieb der Brennkraftmaschine und Änderungen der Kraftstoffverbrennungszustände erläutert. Fig. 6 zeigt Zeitablaufpläne der Änderungen der jeweiligen L/K-Verhältnisse vor und hinter dem Katalysator, der Ausgangssignale des Sauerstoffsensors hinter dem Katalysator und der Konzentration von  $\text{NO}_x$  im Abgas hinter dem Katalysator, wenn das L/K-Verhältnis vor dem Katalysator mit den Verfahren der Erfindung von einem mageren Verhältnis zu einem fetten Verhältnis korrigiert worden ist. Falls das L/K-Verhältnis außerhalb eines Bereichs mit vorgegebener Reinigungseffizienz, beispielsweise des Bereichs mit hocheffizienter Reinigung (des in Fig. 6 dunkel schraffierten Bereichs) magerer ist, wird das Abgas dem Katalysator mit einem L/K-Verhältnis zugeführt, derart, daß die maximale Reaktionsrate im Katalysator unter Berücksichtigung des vom Zeroxid abgegebenen Sauerstoffs im Katalysator erhalten werden kann. Genauer wird die Reduktionsatmosphäre durch Zuführen von Abgas mit einem L/K-Verhältnis, das fetter als das stöchiometrische Verhältnis ist, in den Katalysator verstärkt, um den im Zeroxid eingefangenen Sauerstoff abzuführen. Folglich wird das Ansprechverhalten des L/K-Verhältnisses auf der Auslaßseite des Katalysators verbessert, so daß die Konzentration von  $\text{NO}_x$ , die bei magerem L/K-Verhältnis angestiegen ist, schnell korrigiert werden kann. Fig. 7 zeigt entsprechende Zeitablaufpläne der Änderungen der L/K-Verhältnisse vor und hinter dem Katalysator, der Ausgangssignale des Sauerstoffsensors im Abgas hinter dem Katalysator und der Konzentrationen von HC und CO hinter dem Katalysator, wenn das L/K-Verhältnis vor dem Katalysator mit dem Verfahren der Erfindung von einem fetten Verhältnis zu einem mageren Verhältnis korrigiert worden ist. Analog zu dem Fall, in dem das magere L/K-Verhältnis zu einem fetten L/K-Verhältnis korrigiert worden ist, wird dann, wenn das L/K-Verhältnis außerhalb eines Bereichs mit vorgegebener Reinigungseffizienz, z. B. des Bereichs mit hocheffizienter Reinigung (des Bereichs, der in Fig. 7 dunkel schraffiert ist), fetter ist, die Oxidationsatmosphäre durch Zuführen des Ab-

gases mit dem L/K-Verhältnis, das magerer als das stöchiometrische Verhältnis ist, in den Katalysator schnell verstärkt, wodurch Sauerstoff von dem Zeroxid eingefangen wird. Folglich können die Konzentrationen von HC und CO, die in dem Zustand mit fettem L/K-Verhältnis erhöht sind, schnell korrigiert werden. Hierbei ist es erforderlich, den Grad der Überkorrektur des L/K-Verhältnisses zu bestimmen, so daß die Reaktion des Zeroxids im Katalysator gefördert wird. Es ist bekannt, daß der Gitterabstand von Zeroxid entsprechend dem Temperaturanstieg zunimmt, wodurch die Sauerstoffeinfangleistung von Zeroxid verschlechtert wird. Daher muß der Grad der Überkorrektur des L/K-Verhältnisses entsprechend dem Verschlechterungsgrad des Zeroxids bestimmt werden. Aus JP Hei 5-171924-A sind mehrere Verfahren bekannt, die in praktischen Gebrauch gekommen sind und mit denen der Verschlechterungsgrad von Zeroxid geschätzt wird. Obwohl der Grad der Überkorrektur hauptsächlich anhand des Verschlechterungsgrades von Zeroxid bestimmt wird, kann die Genauigkeit der Steuerung noch verbessert werden, indem der Grad der Überkorrektur unter Berücksichtigung der Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine und der Temperatur des Katalysators bestimmt wird.

Da es in der herkömmlichen Rückkopplungsregelung des L/K-Verhältnisses wünschenswert ist, daß Änderungen im L/K-Verhältnis innerhalb des Bereichs mit hocheffizienter Reinigung gehalten werden, beträgt die Änderung  $\Delta(\text{L/K})$  der Stellgröße L/K-Verhältnis ungefähr 0,2. Andererseits wird im Hinblick auf ein schnelles Ansprechverhalten des L/K-Verhältnisses auf der Auslaßseite des Katalysators bevorzugt, daß das L/K-Verhältnis im dynamischen Bereich korrigiert wird, so daß das L/K-Verhältnis durch das Verfahren der Erfindung vom Bereich mit hocheffizienter Reinigung abweicht. Da ferner das herkömmliche Verfahren auf die Steuerung des L/K-Verhältnisses auf der Einlaßseite des Katalysators, d. h. auf der Auslaßseite der Brennkraftmaschine, zielt, ist die Steuerperiode durch die Übertragungscharakteristik vom Einspritzventil oder von der Drosselklappe zum Sauerstoffsensor auf der Einlaßseite des Katalysators bestimmt und beträgt ungefähr 0,1 bis 1 s. Andererseits ist in dem Steuerverfahren der Erfindung die Steuerperiode hauptsächlich durch die L/K-Übertragungscharakteristik vor und hinter dem Katalysator bestimmt, wobei diese Periode länger als in dem herkömmlichen Steuerverfahren ist. Da ferner die Steuerung der Erfindung ausgeführt wird, um die Ansprechverzögerung der Reinigung aufgrund des Zeroxids zu kompensieren, wird die Zufuhr von Oxidations- oder Reduktionsmaterial für die Korrektur manchmal nach mehreren Zuführungen dieses Materials beendet, weil angenommen wird, daß das obige Material dem Katalysator in ausreichender Menge zugeführt worden ist, um die Reaktionsrate des Zeroxids maximal zu machen, selbst wenn das Ausgangssignal des Sauerstoffsensors nicht in einem vorgegebenen Bereich liegt. Die obengenannten Punkte in der Steuerung der Erfindung sind von den herkömmlichen Rückkopplungsregelungsverfahren zum Steuern des L/K-Verhältnisses verschieden.

Wie oben erwähnt worden ist, schafft die Erfindung ein Verfahren zum schnellen Korrigieren der Verschlechterung des Abgases durch Steuern der Einspritzmenge oder der Luftansaugmenge, so daß das beste Ansprechverhalten des L/K-Verhältnisses auf der Auslaßseite des Katalysators erhalten werden kann, wenn das L/K-Verhältnis auf der Auslaßseite des Katalysators vom optimalen Bereich abweicht. Da in dieser Steuerung das Oxidations- oder Reduktionsmaterial dem Katalysator manchmal in einer Menge zugeführt wird, die höher als jene ist, die dem stöchiometrischen L/K-Verhältnis entspricht, oder als jene, die für ein Gleichge-

wicht der Mengen von  $\text{Ce}_2\text{O}_3$  und  $\text{CeO}_2$  im Katalysator geeignet ist, ist das Gleichgewicht der Mengen von  $\text{Ce}_2\text{O}_3$  und  $\text{CeO}_2$  nach der Konvergenz dieser Regelung nicht immer optimal. Obwohl es daher wirksam ist, das Gleichgewicht der Mengen von  $\text{Ce}_2\text{O}_3$  und  $\text{CeO}_2$  nach der Konvergenz des L/K-Verhältnisses hinter dem Katalysator im optimalen Bereich aufrechtzuerhalten, sind diese Verfahren wie oben erwähnt vorgeschlagen worden.

Fig. 9 zeigt schematisch den Aufbau einer Brennkraftmaschine, auf die die Vorrichtung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung angewendet wird. In der Brennkraftmaschine, die mehrere Zylinder besitzt, bewegt sich die von der äußeren Umgebung angesaugte Luft durch einen Luftreiniger 1 und strömt durch einen Ansaugkrümmer 6 in eine Brennkammer. Während die Ansaugluft hauptsächlich durch eine Drosselklappe 3 eingestellt wird, wird die Drehzahl der Brennkraftmaschine durch Einstellen der Ansaugluftmenge mit einem ISC-Ventil 5, das sich in einer Luftnebenleitung 4 befindet, gesteuert. Die Ansaugluftmenge wird durch einen Luftdurchflußmengensensor 2 erfaßt. Ein Kurbelwinkelsensor 15 gibt bei jeder Umdrehung der Kurbelwelle ein Impulssignal aus. Ein Wassertemperatursensor 14 erfaßt die Temperatur des Brennkraftmaschinen-Kühlwassers. Die jeweiligen Signale, die vom Luftdurchflußmengensensor 2, von einem Öffnungswinkelsensor 17, der an der Drosselklappe 3 befestigt ist, vom Kurbelwinkelsensor 15 und vom Wassertemperatursensor 14 ausgegeben werden, werden an eine Steuereinheit 16 übertragen. Ferner wird der Betriebszustand der Brennkraftmaschine 9 auf der Grundlage der von diesen Sensoren geschickten Signale bestimmt, wobei Hauptstellgrößen wie etwa eine Basis-Kraftstoffeinspritzmenge, der Zündzeitpunkt und dergleichen berechnet werden. Die Kraftstoffeinspritzmenge wird in ein Ventilöffnungs-Impulssignal umgesetzt, das an ein Einspritzventil 7 geschickt wird. Ein Zündansteuerungssignal wird an eine Zündkerze 8 geschickt, so daß die Zündung zu dem durch die Steuereinheit 16 bestimmten Zündzeitpunkt beginnt. Der eingespritzte Kraftstoff wird mit der vom Ansaugluftkrümmer 6 eingeleiteten Luft vermischt. Der eingespritzte Kraftstoff und die Luft strömen in die Brennkammer der Brennkraftmaschine 9, so daß ein Gemisch erzeugt wird. Das erzeugte Gemisch verbrennt durch einen von der Zündkerze 8 erzeugten Funken, wobei die durch die Verbrennung erzeugte Energie dazu verwendet wird, die Brennkraftmaschine 9 anzutreiben. Das nach der Verbrennung erzeugte Abgas wird durch einen Abgaskrümmer 10 an den Katalysator 11 geschickt und durch den Katalysator 11 gereinigt. Das gereinigte Abgas wird in die äußere Umgebung ausgestoßen. Zwischen der Brennkraftmaschine 9 und den Katalysator 11 befindet sich ein L/K-Sensor 12, der in bezug auf die Konzentration von Sauerstoff im Abgas eine lineare Ausgangscharakteristik besitzt. Die Beziehung zwischen dem L/K-Verhältnis und der Sauerstoffkonzentration im Abgas ist linear, so daß das L/K-Verhältnis anhand des Ausgangssignals des L/K-Sensors erhalten werden kann. Darüber hinaus befindet sich hinter dem Katalysator 11 ein Sauerstoffsensoren 13, der das L/K-Verhältnis hinter dem Katalysator 11 erfaßt. Die Steuereinheit 16 berechnet einerseits das L/K-Verhältnis auf der Einlaßseite des Katalysators 11 anhand des vom L/K-Sensor 12 geschickten Signals und führt eine Rückkopplungsregelung aus, um die Basis-Kraftstoffeinspritzmenge aufeinanderfolgend auf der Grundlage des berechneten L/K-Verhältnisses zu korrigieren, so daß das L/K-Verhältnis in der Brennkammer der Brennkraftmaschine 9 das gewünschte L/K-Verhältnis annimmt. Andererseits führt die Steuereinheit 16 auch eine Regelung aus, um das L/K-Verhältnis auf der Einlaßseite des Katalysators 11 übermäßig zu korrigieren, derart, daß das Ausgangssignal des Sau-

erstoffsensors 13 in einem vorgegebenen Bereich gehalten wird, wenn das Ausgangssignal des Sensors 13 vom vorgegebenen Bereich abweicht. Hierbei kann für die obige Rückkopplungsregelung anstelle des anhand des Ausgangssignals des L/K-Sensors 12 erhaltenen L/K-Verhältnisses das L/K-Verhältnis, das anhand des Ausgangssignals des Sauerstoffsensors 13 erhalten wird, verwendet werden.

Fig. 10 zeigt einen schematischen Blockschaltplan des Aufbaus der Steuereinheit 16. Die jeweiligen Ausgangssignale des L/K-Sensors 12, des Sauerstoffsensors 13, des Drosselklappenöffnungsgradsensors 17, des Luftdurchflußmengensensors 2, des Kurbelwinkelsensors 15 und des Wassertemperatursensors 14 werden in die Steuereinheit 16 eingegeben, deren Ausgangssignale an einen Eingangs/Ausgangsanschluß 22 geschickt werden, nachdem eine Signalverarbeitung wie etwa die Entfernung von Rauschen in den Ausgangssignalen ausgeführt worden ist. Die Werte der an den Eingangsanschluß 22 geschickten Ausgangssignale werden in einem RAM 20 gespeichert und von der CPU 18 verarbeitet. Das Steuerprogramm für die von der CPU 18 ausgeführte Verarbeitung wird im voraus im ROM 19 gespeichert. Die Stellgröße für jeden Aktuator, die entsprechend dem Steuerprogramm berechnet wird, wird im RAM 20 gespeichert und dann an den Ausgangsanschluß 22 geschickt. Als Zündkerzen-Ansteuerungssignal wird ein EIN/AUS-Signal geschickt, so daß dieses Signal aktiv ist, wenn in die Primärwicklung einer Zündsignal-Ausgangsschaltung 23 Strom fließt, und umgekehrt. Die Zündung beginnt zu dem Zeitpunkt, zu dem das Zündkerzen-Ansteuerungssignal von EIN nach AUS wechselt. Das Signal zum Ansteuern der Zündkerze 8, das im Ausgangsanschluß 22 gesetzt worden ist, wird durch die Zündsignal-Ausgangsschaltung 23 verstärkt, damit es genügend Energie besitzt, um die Zündkerze 8 zu zünden. Als Einspritzventil-Ansteuerungssignal wird ein EIN/AUS-Signal gesetzt, derart, daß dieses Signal im Ventilöffnungsbetrieb aktiv ist, und umgekehrt. Dieses Signal wird durch eine Einspritzventil-Ansteuerungsschaltung 24 verstärkt, damit es genügend Energie besitzt, um das Einspritzventil 7 zu öffnen.

Die Inhalte des Steuerprogramms, durch das das Steuerungsverfahren der Erfindung implementiert ist und das im ROM 19 gespeichert ist, werden im folgenden erläutert. Fig. 11 zeigt einen schematischen funktionalen Blockschaltplan des Steuerungsverfahrens der Erfindung. Die Basis-Kraftstoffeinspritzmenge für jeden Zylinder wird durch die Gleichung (5) anhand der Werte der Luftdurchflußmenge, die vom Luftdurchflußmengensensor 2 erfaßt wird, und der Drehzahl, die vom Brennkraftmaschinendrehzahl-Sensor (Kurbelwinkelsensor) 15 erfaßt wird, berechnet:

$$TI = k \times (QA / (N \times CYL)) \quad (5)$$

wobei:

TI: Basis-Kraftstoffeinspritzmenge,

k: Charakteristikkoeffizient des Einspritzventils,

QA: Luftdurchflußmenge,

N: Drehzahl und

CYL: Anzahl der Zylinder.

Im folgenden werden mit Bezug auf Fig. 12 die Verarbeitungen des Steuerungsverfahrens zum Steuern des Luft-/Kraftstoffverhältnisses auf der Einlaßseite des Katalysators 11 erläutert. Das Ziel dieses Steuerungsverfahrens ist, eine Rückkopplungsregelung zum Steuern des Luft-/Kraftstoffverhältnisses auf der Einlaßseite des Katalysators 11 so auszuführen, daß das gewünschte Verhältnis auf der Grundlage des L/K-Sensors 12, der sich auf der Einlaßseite des Katalysators 11 befindet, erhalten wird. Im Schritt 121 wird festgestellt, ob die Bedingungen für die Zulassung der Rückkopplungsrege-

lung vorliegen. Die Bedingungen für die Zulassung der Rückkopplungsregelung sind beispielsweise, daß die Wassertemperatur höher als ein vorgegebener Wert ist, daß der Betrieb kein Beschleunigungsbetrieb ist, daß der Sensor aktiv ist und dergleichen. Falls die Bedingungen für die Zulassung der Rückkopplungsregelung nicht vorliegen, wird im Schritt 127 der Korrekturterm ALPHA für die Rückkopplungsregelung auf 1 gesetzt, was bedeutet, daß die Korrektur nicht ausgeführt wird. Wenn hingegen die Bedingungen für die Zulassung der Rückkopplungsregelung vorliegen, wird der Korrekturterm ALPHA auf der Grundlage der Differenz DLTAFF zwischen dem L/K-Verhältnis auf der Einlaßseite des Katalysators 11, das anhand des Ausgangssignals des L/K-Sensors 12 erhalten wird, und dem Soll-L/K-Verhältnis (TABF + RHOSFB), das durch eine PI-Regelung erhalten wird, berechnet. Hierbei ist TABF das Soll-Basis-L/K-Verhältnis und ist RHOSFB der Korrekturterm für die Regelung des L/K-Verhältnisses auf der Auslaßseite des Katalysators 11.

Im Schritt 122 wird DLTAFF berechnet, woraufhin im Schritt 123 der Proportionalkorrekturterm LAMP durch Multiplizieren von DLTAFF mit der Proportionalverstärkung KP erhalten wird. Dann wird im Schritt 124 der Integralkorrekturterm LAMI durch Addieren des Produkts aus DLTAFF und der Integralverstärkung KI zu LAMIZ berechnet. Hierbei ist LAMIZ der Wert von LAMI, der 10 ms vor dem letzten Berechnungsschritt berechnet wurde. Im Schritt 126 wird der Korrekturterm ALPHA für die Rückkopplungsregelung gleich der Summe aus dem Proportionalkorrekturterm LAMP, dem Integralkorrekturterm LAMI und dem Mittelwert 1 gesetzt. Die obigen Prozesse werden ausgeführt, um das L/K-Verhältnis auf der Einlaßseite des Katalysators 11 zu korrigieren.

Fig. 13 zeigt einen schematischen funktionalen Blockschaltplan des Steuerverfahrens zum Steuern des L/K-Verhältnisses auf der Auslaßseite des Katalysators. Der Korrekturblock des L/K-Verhältnisses auf der Auslaßseite des Katalysators 11 ist aus dem Block für die Berechnung des Korrekturterms für die Rückkopplungsregelung und aus dem Block für die Berechnung des Korrekturterms für die Vorwärtsregelung gebildet.

Der Block für die Berechnung des Korrekturterms für die Rückkopplungsregelung wird im folgenden mit Bezug auf Fig. 14 erläutert. Im Block für die Berechnung des Korrekturterms für die Rückkopplungsregelung wird der Korrekturterm RHOSFB in der Weise bestimmt, daß das Ausgangssignal des hinter dem Katalysator 11 befindlichen Sauerstoffsensors 13 innerhalb des vorgegebenen Bereichs gehalten wird. Zunächst wird im Schritt 141 bestimmt, ob die Bedingungen für die Zulassung der Rückkopplungsregelung hinter dem Katalysator 11 vorliegen. Die Bedingungen für die Zulassung der Rückkopplungsregelung sind beispielsweise, daß die Rückkopplungsregelung auf der Einlaßseite des Katalysators ausgeführt wird, daß der Sauerstoffsensor 13 aktiv ist und dergleichen. Falls die Bedingungen für die Zulassung der Rückkopplungsregelung nicht vorliegen, wird im Schritt 147 der Korrekturterm RHOSFB für die Rückkopplungsregelung auf der Auslaßseite des Katalysators 11 auf 0 gesetzt, was bedeutet, daß die Korrektur nicht ausgeführt wird. Falls die Bedingungen für die Zulassung der Rückkopplungsregelungen vorliegen, wird ferner im Schritt 142 bestimmt, ob die folgende Bedingung vorliegt:

$$VO2R \geq VO2RMAX \quad (6)$$

wobei:

VO2R Ausgangssignal des Sauerstoffsensors 13, der sich auf der Auslaßseite des Katalysators befindet, es besitzt ei-

nen hohen Wert, wenn die Sauerstoffkonzentration niedrig ist; und

VO2RMAX obere Grenze des Sollbereichs des Ausgangssignals des Sauerstoffsensors 13, der sich auf der Auslaßseite des Katalysators 11 befindet.

Wenn im Schritt 142 festgestellt wird, daß die Bedingung (6) vorliegt, wird, da das L/K-Verhältnis auf der Auslaßseite des Katalysators 11 fett ist, der Korrekturterm RHOSFB durch die Gleichung ( $RHOSFB = RHOSFBz + DLL$ ) berechnet, um im Schritt 143 das Soll-L/K-Verhältnis auf der Einlaßseite des Katalysators 11 auf einen mageren Wert zu setzen. DLL gibt die Änderungsrate von RHOSFB an. Falls die Bedingung (6) im Schritt 142 nicht vorliegt, wird ferner im Schritt 144 festgestellt, ob die folgende Bedingung erfüllt ist:

$$VO2R \leq VO2RMIN \quad (7)$$

wobei:

VO2RMIN untere Grenze im Sollbereich des Ausgangssignals des Sauerstoffsensors 13, der sich auf der Auslaßseite des Katalysators 11 befindet.

Falls im Schritt 144 festgestellt wird, daß die Bedingung (7) vorliegt, wird, da das L/K-Verhältnis auf der Auslaßseite des Katalysators 11 mager ist, der Korrekturterm RHOSFB durch die Gleichung ( $RHOSFB = RHOSFBz - DLR$ ) berechnet, um im Schritt 145 das Soll-L/K-Verhältnis auf der Einlaßseite des Katalysators 11 auf einen mageren Wert zu setzen. DLR gibt die Änderungsrate von RHOSFB an. Falls im Schritt 144 festgestellt wird, daß die Bedingung (7) nicht vorliegt, weil das L/K-Verhältnis auf der Auslaßseite des Katalysators 11 innerhalb des vorgegebenen Bereichs gehalten wird, wird der Korrekturterm RHOSFB auf den vorhergehenden Wert RHOSFBz gesetzt, d. h. der Korrekturterm RHOSFB wird nicht aktualisiert. Der Anfangswert von RHOSFB wird auf 0 gesetzt.

Im folgenden wird mit Bezug auf Fig. 15 der Block für die Berechnung des Korrekturterms der Vorwärtsregelung erläutert. Im Schritt 151 wird festgestellt, ob die Bedingungen für die Zulassung der Vorwärtsregelung vorliegen. Die Bedingungen für die Zulassung der Vorwärtsregelung sind beispielsweise, daß die Bedingungen für die Zulassung der Rückwärtsregelung auf der Auslaßseite des Katalysators 11 vorliegen und dergleichen. Falls die Bedingungen für die Zulassung der Vorwärtsregelung vorliegen, wird im Schritt 156 der Korrekturterm RHOSFF auf 0 gesetzt, wobei die Korrektur nicht ausgeführt wird. Falls die Bedingungen für die Zulassung der Vorwärtsregelung vorliegen, wird im Schritt 152 die folgende Bedingung geprüft:

$$VO2R \geq PFFMIN \quad (8)$$

wobei:

PFFMIN Minimalwert des L/K-Verhältnisses auf der mageren Seite bei Beginn der Vorwärtsregelung

Falls im Schritt 152 die Bedingung (8) erfüllt ist, wird das Soll-L/K-Verhältnis auf der Einlaßseite des Katalysators unter Verwendung der in Fig. 16 gezeigten Steuerung geändert, um das L/K-Verhältnis auf der Auslaßseite des Katalysators 11 schnell in den vorgegebenen Bereich zurückzuführen. Der in Fig. 16 gezeigte Ablaufplan wird später genauer erläutert. Falls im Schritt 152 die Bedingung (8) nicht erfüllt ist, wird im Schritt 154 die folgende Bedingung geprüft:

$$VO2R \leq PFFMAX \quad (9)$$

wobei:

PFFMAX Maximalwert des L/K-Verhältnisses auf der ma-

geren Seite bei Beginn der Vorwärtsregelung.

Falls im Schritt 154 die Bedingung (9) erfüllt ist, wird das Soll-L/K-Verhältnis auf der Einlaßseite des Katalysators 11 unter Verwendung der in Fig. 17 gezeigten Steuerung geändert, um das L/K-Verhältnis auf der Auslaßseite des Katalysators 11 schnell in den vorgegebenen Bereich zurückzuführen. Der in Fig. 17 gezeigte Ablaufplan wird später genauer erläutert. Falls die Bedingung (8) im Schritt 152 nicht erfüllt ist, wird festgestellt, daß kein Zustand vorliegt, in dem die Vorwärtsregelung auszuführen ist, wobei der Korrekturterm RHOSFF auf 0 gesetzt wird.

Die Berechnung des Korrekturterms auf der fetten Seite in der Vorwärtsregelung wird im folgenden mit Bezug auf Fig. 16 erläutert. Falls in Fig. 15 im Schritt 152 die Bedingung (8) erfüllt ist, wird im Schritt 161 festgestellt, ob  $FROKRz = 0$ . In diesem Prozeß wird bestimmt, ob die Bedingungen für die Zulassung der Vorwärtsregelung zu diesem Zeitpunkt erstmals vorliegen, wobei bei  $FROKRz = 0$  der Anfangswert RFINITR des Korrekturterms und der Abnahmekoeffizient GRFF auf der mageren Seite in der Vorwärtsregelung durch die folgenden Gleichungen (10) bzw. (11) erhalten werden:

$$RFINITR = F1(\text{Alterung}) \quad (10)$$

$$GRFF = F2(\text{Alterung}) \quad (11)$$

Hierbei ist "Alterung" der geschätzte Verschlechterungsgrad des Katalysators, während, wie in den Fig. 18 und 19 gezeigt ist, F1 und F2 Funktionen zum Erhalten von RFINITR bzw. GRFF mit "Alterung" sind. Es ist auch möglich, für F1 und F2 Tabellen zu verwenden, die die Beziehung zwischen dem Anfangswert RFINITR des Korrekturterms für die Vorwärtsregelung und dem Verschlechterungsgrad des Katalysators bzw. jene zwischen dem Abnahmekoeffizienten GRFF des Korrekturterms und dem Verschlechterungsgrad darstellen. Es ist auch möglich, ein Reaktionsmodell von Zeroxid für die Bestimmung des Anfangswertes und des Abnahmekoeffizienten des Korrekturterms zu verwenden. Im allgemeinen nimmt die Kapazität für die Speicherung von Sauerstoff ab, wenn sich das Zeroxid verschlechtert, weil sein Gitterabstand zunimmt. Wenn daher "Alterung" zunimmt, neigt der Wert von RFINITR zu einer Abnahme, wie in Fig. 18 gezeigt ist. Während "Alterung" zunimmt, neigt andererseits der Wert von GRFF zu einer Zunahme, wie in Fig. 19 gezeigt ist. Da beispielsweise aus JP Hei 5-171924-A mehrere Verfahren bekannt sind, mit denen der geschätzte Verschlechterungsgrad "Alterung" des Katalysators erhalten wird, wird eine Erläuterung dieser Verfahren weggelassen.

Als nächstes wird im Schritt 163 der Anfangswert von RHOSFF auf den Anfangswert RFINITR des Korrekturterms auf der fetten Seite in der Vorwärtsregelung, der im Schritt 162 erhalten worden ist, gesetzt. Falls im Schritt 161  $FROKRz$  nicht 0 ist, wird RHOSFF auf das Produkt aus RHOSFFz und dem vorhergehenden Abnahmekoeffizienten GRFF im Schritt 164 gesetzt.

Die Berechnung des Korrekturterms auf der mageren Seite in der Vorwärtsregelung wird im folgenden mit Bezug auf Fig. 17 erläutert. Falls in Fig. 15 im Schritt 154 die Bedingung (9) vorliegt, wird im Schritt 171 festgestellt, ob  $FROKLz = 0$ . Dieser Prozeß dient der Bestimmung, ob die Bedingungen für die Zulassung der Vorwärtsregelung auf der mageren Seite zu diesem Zeitpunkt erstmals vorliegen. Falls  $FROKLz = 0$ , werden der Anfangswert RFINITR und der Abnahmekoeffizient GRFF des Korrekturterms auf der mageren Seite in der Vorwärtsregelung durch die folgenden Gleichungen (12) bzw. (13) erhalten:

$$RHNITL = F3(\text{Alterung}) \quad (12)$$

$$GLFF = F4(\text{Alterung}) \quad (13)$$

F3, das die Beziehung zwischen RFINITL und "Alterung" darstellt, und F4, das die Beziehung zwischen GLFF und "Alterung" darstellt, sind in den Fig. 20 bzw. 21 gezeigt. Im Schritt 173 wird der Anfangswert RHOSFF auf den Anfangswert RFINITL des Korrekturterms auf der mageren Seite der Vorwärtsregelung, der im Schritt 172 erhalten worden ist, gesetzt. Falls  $FROKLz$  im Schritt 171 nicht 0 ist, wird RHOSFF auf das Produkt aus RHOSFFz und aus dem vorhergehenden Abnahmekoeffizienten GLFF im Schritt 174 gesetzt.

Hierbei können die Werte von PFFMIN und PFFMAX, die den Bereich festlegen, indem die Vorwärtsregelung auszuführen ist, aus den Ausgangswerten eines Sauerstoffsensors erhalten werden, jenseits derer die Reinigungseffizienz des Abgases in der Beziehung zwischen der Reinigungseffizienz und dem Ausgangssignal eines Sauerstoffsensors, wie sie etwa in Fig. 22 gezeigt ist, schnell abnimmt.

Fig. 23 zeigt ein Beispiel von Änderungen des Soll-L/K-Verhältnisses und des Ausgangssignals eines Sauerstoffsensors in der L/K-Verhältnisregelung bei Verwendung eines herkömmlichen Verfahrens, während Fig. 24 ein Beispiel von Änderungen des Soll-L/K-Verhältnisses und des Ausgangssignals eines Sauerstoffsensors in der L/K-Verhältnisregelung bei Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens zeigt. Die Änderung des Ausgangssignals des Sauerstoffsensors, die in Fig. 24 gezeigt ist, kehrt schneller in den Soll-Steuerebereich als jene, die in Fig. 23 gezeigt ist, zurück.

Obwohl die obigen Funktionen F1 bis F4 lediglich von "Alterung" abhängen, kann eine genauere Steuerung erhalten werden, wenn die Werte von PFFMIN und PFFMAX bei Berücksichtigung der Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine und der Temperatur oder der geschätzten Temperatur des Katalysators 11 bestimmt werden. Darüber hinaus ist es möglich, die Vorwärtsregelungskorrektur des L/K-Verhältnisses auf der Auslaßseite des Katalysators 11 zu einem Ende zu führen, wenn die Korrekturen in der vorgegebenen Anzahl ausgeführt werden, selbst wenn das Ausgangssignal des Sauerstoffsensors auf der Auslaßseite des Katalysators 11 nicht in den vorgegebenen Bereich zurückkehrt. Dieses Merkmal der erfindungsgemäßen Steuerung ist in den herkömmlichen Steuerungen, in denen die Rückkopplungsregelung auf der Grundlage des Ausgangssignals eines Sauerstoffsensors erfolgt, nicht vorhanden.

Da somit erfindungsgemäß die Abweichung der L/K-Verhältnisse vor und hinter dem Katalysator 11, die während der Fahrt eines Fahrzeugs häufig auftritt, schnell korrigiert werden kann, kann eine Qualitätsverschlechterung des Abgases aufgrund von Substanzen wie etwa HC, CO, NO<sub>x</sub> usw., die bei Auftreten der obigen Abweichung erzeugt werden, auf einen minimalen Wert verhindert werden.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Steuern des Luft-/Kraftstoffverhältnisses in Brennkraftmaschinen, mit einer Katalysatoreinheit (11) zum Reinigen des Abgases von einer Brennkraftmaschine (9) und einer Luft-/Kraftstoffverhältnis-Erfassungseinrichtung (12, 13), die das Luft-/Kraftstoffverhältnis wenigstens auf der Auslaßseite der Katalysatoreinheit (11) erfaßt, **gekennzeichnet durch** eine erste Steuereinrichtung (16), die die Kraftstoff-

menge und/oder die Luftmenge, die der Brennkraftmaschine (9) zuzuführen sind, unter Verwendung einer Rückkopplungsregelung steuert, die auf den Luft-/Kraftstoffverhältnissen auf der Einlaßseite und/oder der Auslaßseite und/oder innerhalb der Katalysatoreinheit (11) basiert, und  
 eine zweite Steuereinrichtung (16), die das Luft-/Kraftstoffverhältnis auf der Einlaßseite der Katalysatoreinheit (11) so steuert, daß es in einem Bereich mit vorgegebener Reinigungseffizienz liegt, nachdem das Luft-/Kraftstoffverhältnis auf der Einlaßseite der Katalysatoreinheit (11) so überkorrigiert worden ist, daß es einen fetteren Wert außerhalb des Bereichs mit vorgegebener Reinigungseffizienz besitzt, falls ein Ausgangssignal der Luft-/Kraftstoffverhältnis-Erfassungseinrichtung (12, 13) von einem vorgegebenen Bereich abweicht und das Luft-/Kraftstoffverhältnis auf der Auslaßseite der Katalysatoreinheit (11) mager ist.  
 2. Vorrichtung zum Steuern des Luft-/Kraftstoffverhältnisses in Brennkraftmaschinen, mit einer Katalysatoreinheit (11) zum Reinigen des Abgases von einer Brennkraftmaschine (9) und einer Luft-/Kraftstoffverhältnis-Erfassungseinrichtung (12, 13), die das Luft-/Kraftstoffverhältnis wenigstens auf der Auslaßseite der Katalysatoreinheit (11) erfaßt, gekennzeichnet durch  
 eine erste Steuereinrichtung (16), die die Kraftstoffmenge und/oder die Luftmenge, die der Brennkraftmaschine (9) zuzuführen sind, unter Verwendung einer Rückkopplungsregelung steuert, die auf den Luft-/Kraftstoffverhältnissen auf der Einlaßseite und/oder der Auslaßseite und/oder innerhalb der Katalysatoreinheit (11) basiert, und  
 eine zweite Steuereinrichtung (16), die das Luft-/Kraftstoffverhältnis auf der Einlaßseite des Katalysators (11) so steuert, daß es innerhalb eines Bereichs mit vorgegebener Reinigungseffizienz liegt, nachdem das Luft-/Kraftstoffverhältnis auf der Einlaßseite der Katalysatoreinheit (11) so überkorrigiert worden ist, daß es einen mageren Wert außerhalb des Bereichs mit vorgegebener Reinigungseffizienz besitzt, falls ein Ausgangssignal der Luft-/Kraftstoffverhältnis-Erfassungseinrichtung (12, 13) von einem vorgegebenen Bereich abweicht und das Luft-/Kraftstoffverhältnis auf der Auslaßseite der Katalysatoreinheit (11) fett ist.  
 3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine Stellgröße für die Korrektur des Luft-/Kraftstoffverhältnisses anhand eines Verschlechterungsgrades eines Katalysators (11) in der Katalysatoreinheit bestimmt wird.  
 4. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine Stellgröße für die Korrektur des Luft-/Kraftstoffverhältnisses anhand eines Temperaturwerts oder eines geschätzten Temperaturwerts eines Katalysators (11) in der Katalysatoreinheit bestimmt wird.  
 5. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine Stellgröße für die Korrektur des Luft-/Kraftstoffverhältnisses anhand von den Betriebszustand der Brennkraftmaschine (9) angebenen Variablen, die wenigstens die Kühlmitteltemperatur, die Drehzahl der Brennkraftmaschine (9) und die in die Brennkraftmaschine (9) angesaugte Luftmenge umfassen, bestimmt wird.  
 6. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Bereich mit vorgegebener Reinigungseffizienz in der Weise bestimmt wird, daß die Reinigungseffizienz für HC und/oder CO und/oder

NO<sub>x</sub> wenigstens 50% beträgt.

7. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Verschlechterungsgrad des Katalysators (11) anhand eines Ausgangswerts der Luft-/Kraftstoffverhältnis-Erfassungseinrichtung (12, 13), die sich auf der Einlaßseite, der Auslaßseite oder innerhalb der Katalysatoreinheit befindet, berechnet wird.  
 8. Verfahren zum Steuern des Luft-/Kraftstoffverhältnisses in Brennkraftmaschinen unter Verwendung einer Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Verschlechterungsgrad des Katalysators (11) anhand eines Ausgangswerts der Luft-/Kraftstoffverhältnis-Erfassungseinrichtung (12, 13), die sich auf der Einlaßseite, der Auslaßseite oder innerhalb der Katalysatoreinheit (11) befindet, berechnet wird.  
 9. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Luft-/Kraftstoffverhältnis auf der Einlaßseite oder auf der Auslaßseite der Katalysatoreinheit (11) durch Steuern entweder der in die Brennkraftmaschine (9) eingespritzten Kraftstoffmenge oder eines an ein Einspritzventil (7) geschickten Einspritzimpulssignals gesteuert wird.  
 10. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Luft-/Kraftstoffverhältnis auf der Einlaßseite oder auf der Auslaßseite der Katalysatoreinheit (11) durch Einstellen der in die Brennkraftmaschine (9) angesaugten Luftmenge gesteuert wird.  
 11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellung der Ansaugluftmenge durch Steuern einer elektrisch gesteuerten Drosselklappe (3) oder eines Signals zum Steuern der elektrisch gesteuerten Drosselklappe (3) ausgeführt wird.  
 12. Verfahren zum Steuern des Luft-/Kraftstoffverhältnisses im Abgas von Brennkraftmaschinen unter Verwendung einer Steuervorrichtung, die eine Katalysatoreinheit (11) zum Reinigen des Abgases von einer Brennkraftmaschine (9) enthält, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:  
 Erfassen wenigstens des Luft-/Kraftstoffverhältnisses auf der Auslaßseite der Katalysatoreinheit (11),  
 Steuern der Kraftstoffmenge und/oder der Luftmenge, die der Brennkraftmaschine (9) zugeführt werden, indem eine Rückkopplungsregelung verwendet wird, die auf den Luft-/Kraftstoffverhältnissen auf der Einlaßseite und/oder auf der Auslaßseite und/oder innerhalb der Katalysatoreinheit (11) basiert, und  
 Steuern des Luft-/Kraftstoffverhältnisses auf der Einlaßseite der Katalysatoreinheit (11) in der Weise, daß es in einem Bereich mit vorgegebener Reinigungseffizienz liegt, nachdem das Luft-/Kraftstoffverhältnis auf der Einlaßseite der Katalysatoreinheit (11) so überkorrigiert worden ist, daß es einen fetteren Wert außerhalb des Bereichs mit vorgegebener Reinigungseffizienz besitzt, falls ein aus der Luft-/Kraftstoffverhältnis-Erfassung sich ergebender Wert von einem vorgegebenen Bereich abweicht und das Luft-/Kraftstoffverhältnis auf der Auslaßseite der Katalysatoreinheit (11) mager ist.  
 13. Verfahren zum Steuern des Luft-/Kraftstoffverhältnisses im Abgas von Brennkraftmaschinen unter Verwendung einer Steuervorrichtung, die eine Katalysatoreinheit (11) zum Reinigen des Abgases von einer Brennkraftmaschine (9) enthält, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:  
 Erfassen wenigstens des Luft-/Kraftstoffverhältnisses auf der Auslaßseite der Katalysatoreinheit (11),  
 Steuern der Kraftstoffmenge und/oder der Luftmenge, die der Brennkraftmaschine (9) zugeführt werden, in-

dem eine Rückkopplungsregelung verwendet wird, die auf den Luft-/Kraftstoffverhältnissen auf der Einlaßseite und/oder auf der Auslaßseite und/oder innerhalb der Katalysatoreinheit (11) basiert, und Steuern eines Luft-/Kraftstoffverhältnisses auf der Einlaßseite der Katalysatoreinheit (11) in der Weise, daß es innerhalb eines Bereichs mit vorgegebener Reinigungseffizienz liegt, nachdem das Luft-/Kraftstoffverhältnis auf der Einlaßseite der Katalysatoreinheit (11) so überkorrigiert worden ist, daß es einen magereren Wert außerhalb des Bereichs mit vorgegebener Reinigungseffizienz besitzt, falls ein aus der Luft-/Kraftstoffverhältnis-Erfassung sich ergebender Wert von einem vorgegebenen Bereich abweicht und das Luft-/Kraftstoffverhältnis auf der Auslaßseite der Katalysatoreinheit (11) fett ist.

---

Hierzu 17 Seite(n) Zeichnungen

---

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG. 1

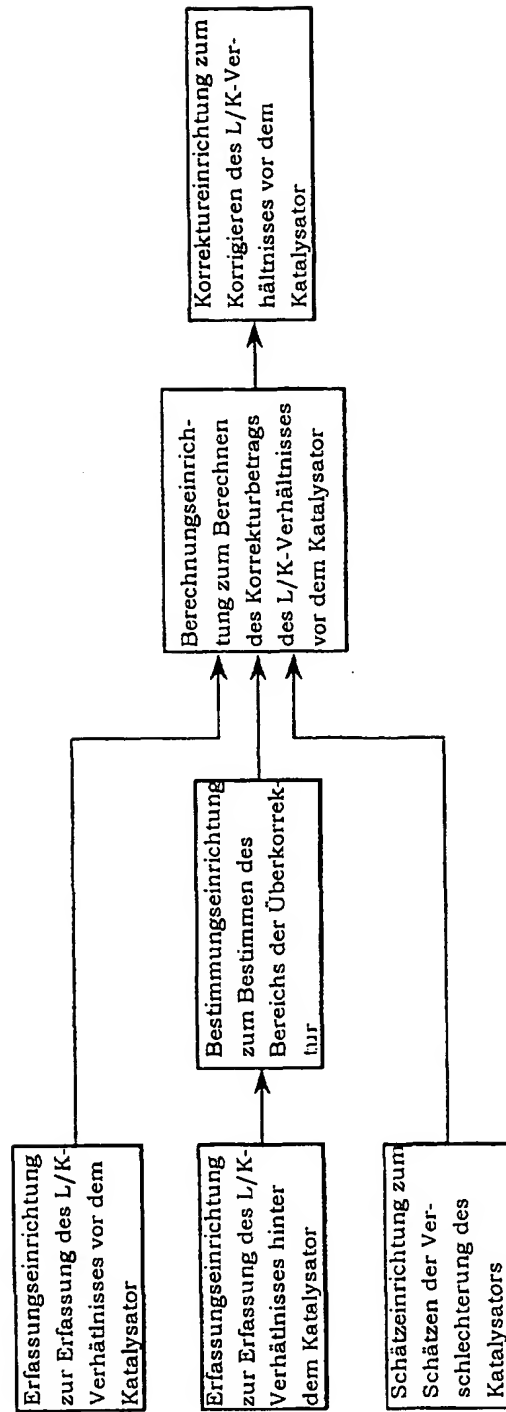


FIG. 2

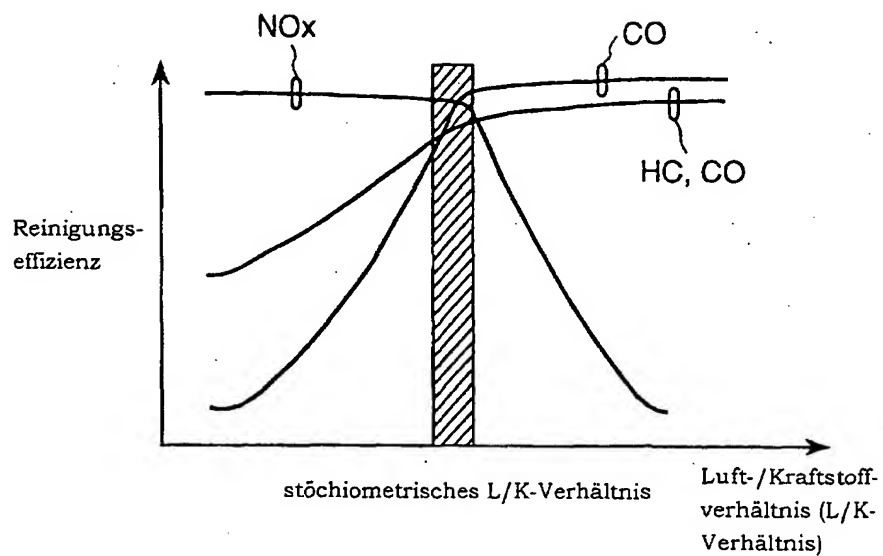


FIG. 3

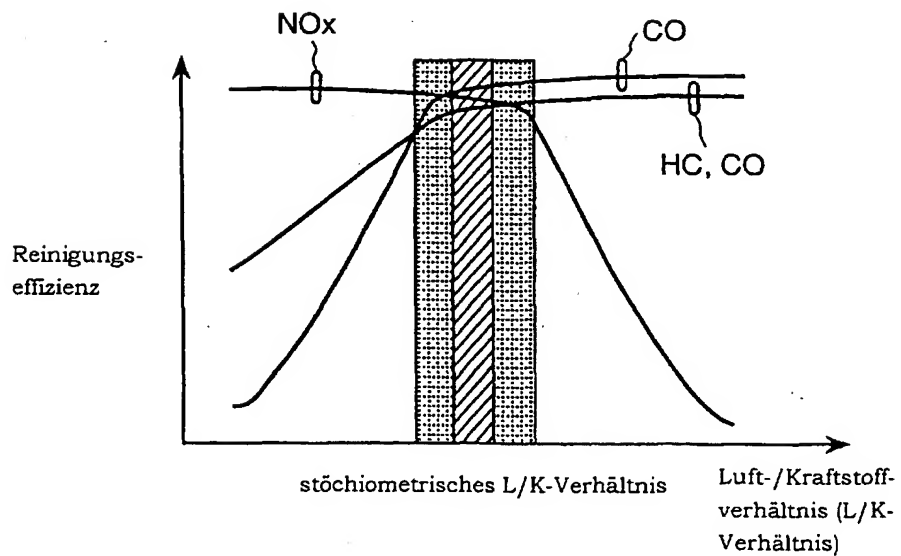


FIG. 4

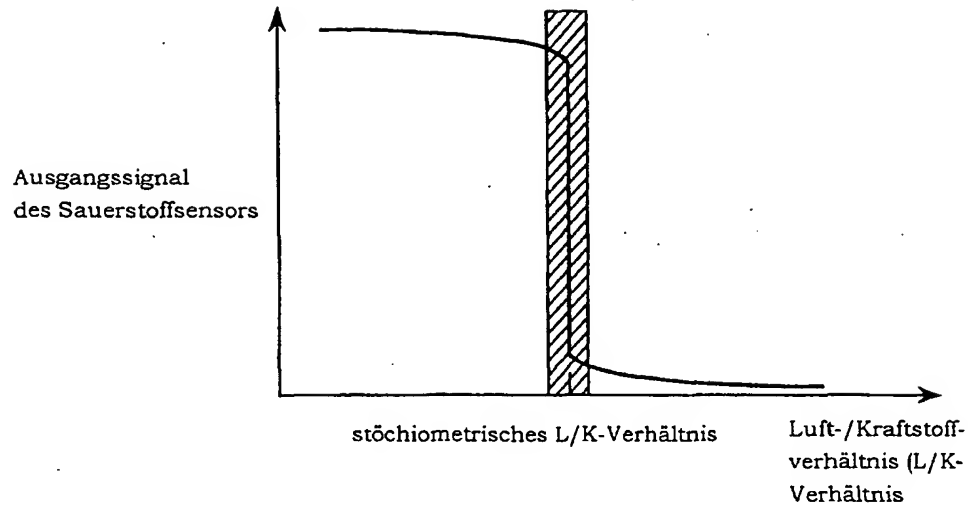
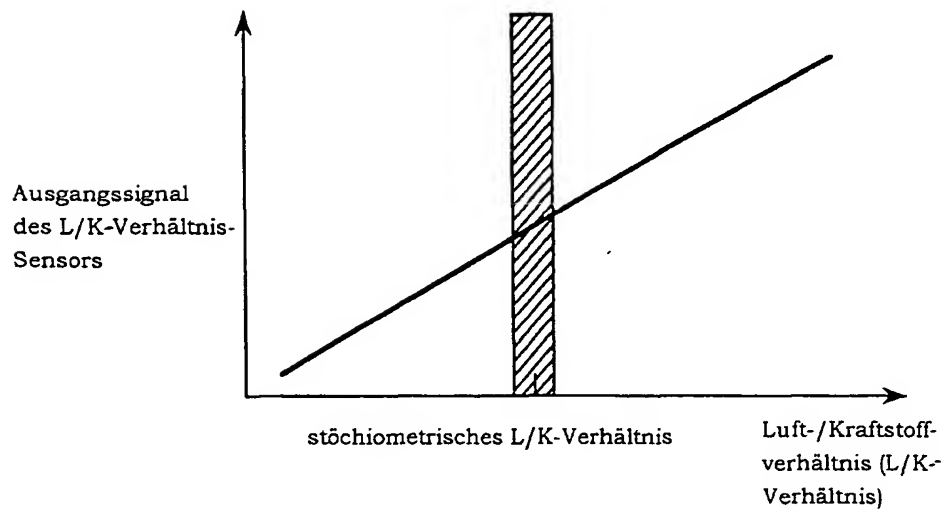


FIG. 5



**FIG. 6**

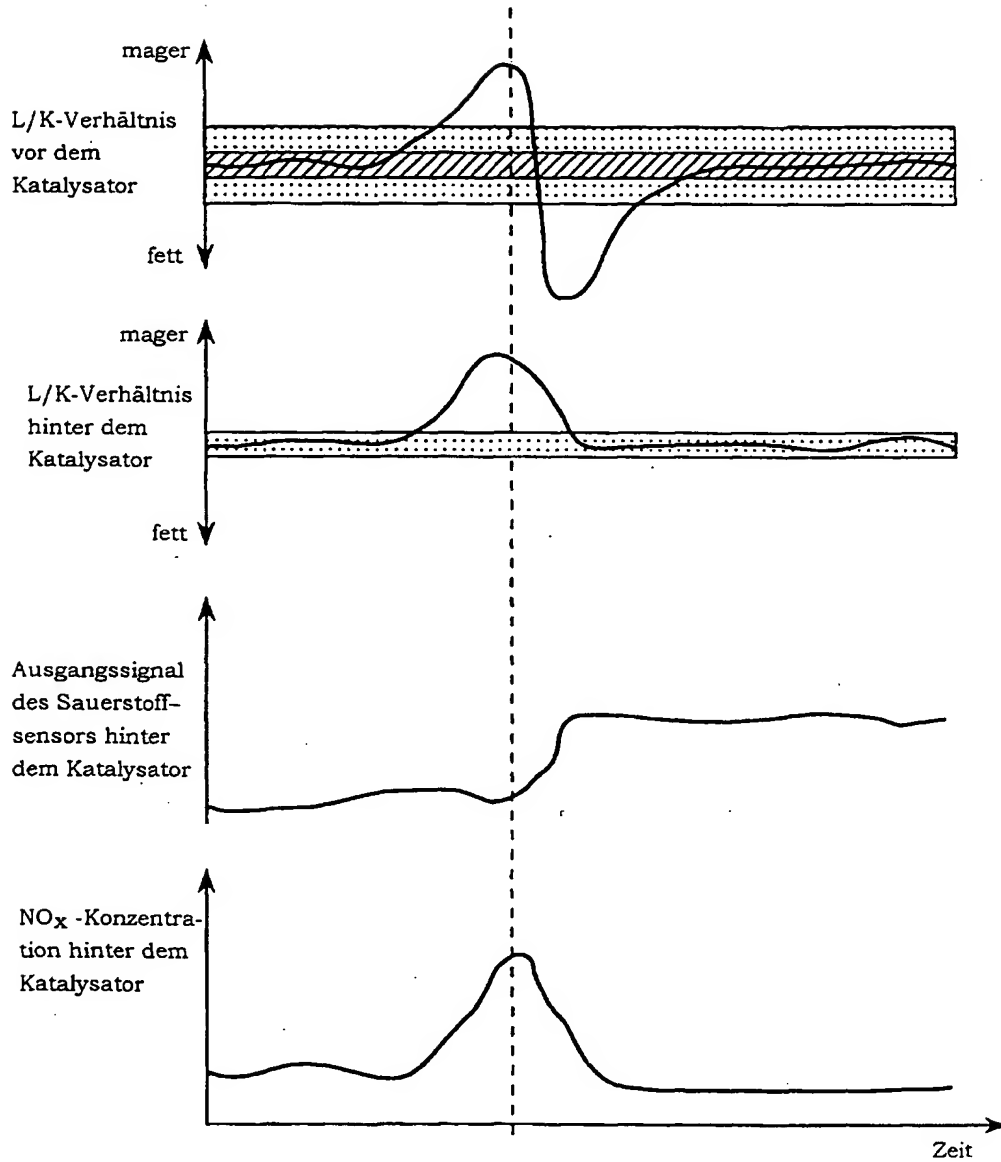


FIG. 7

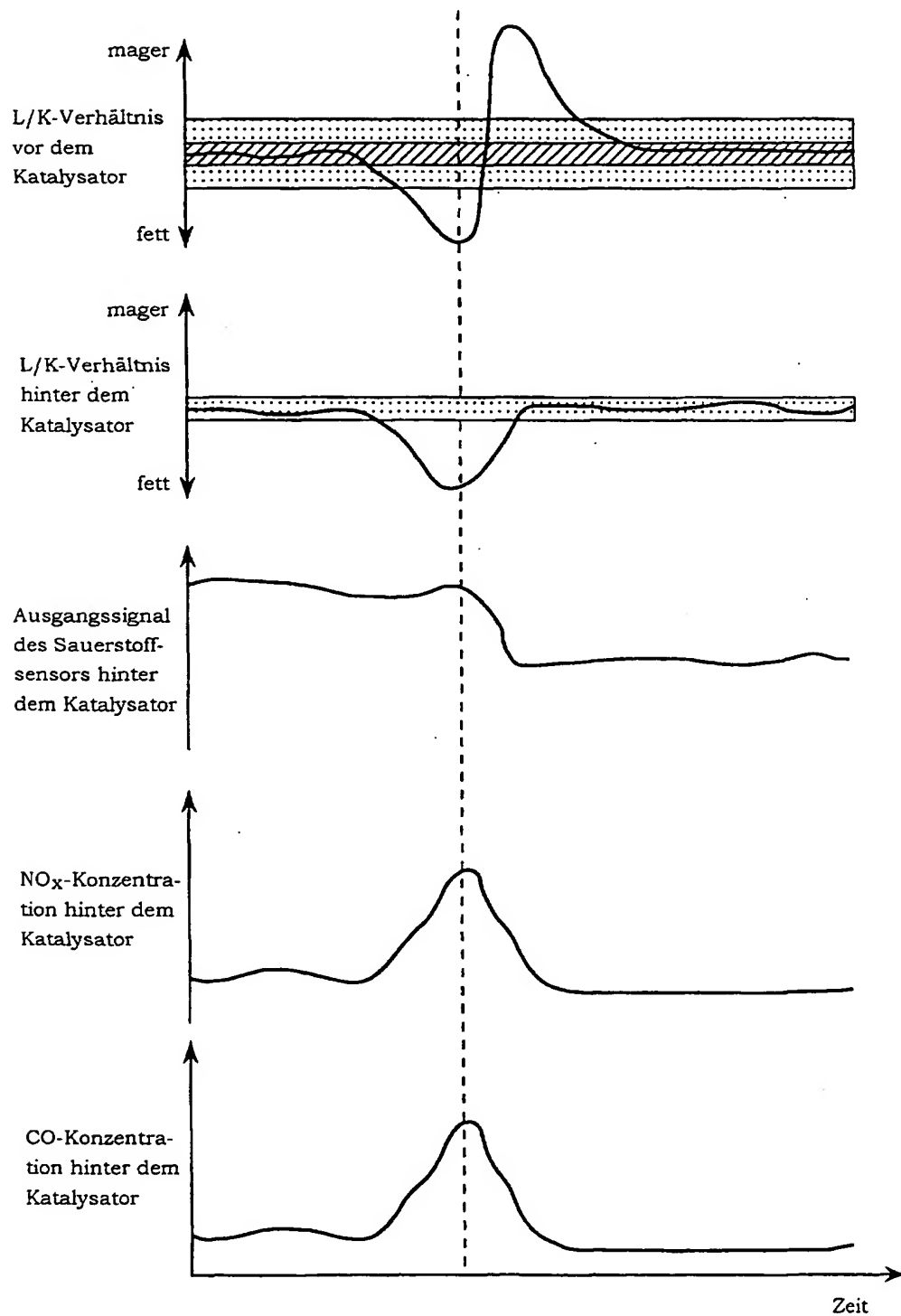


FIG. 8

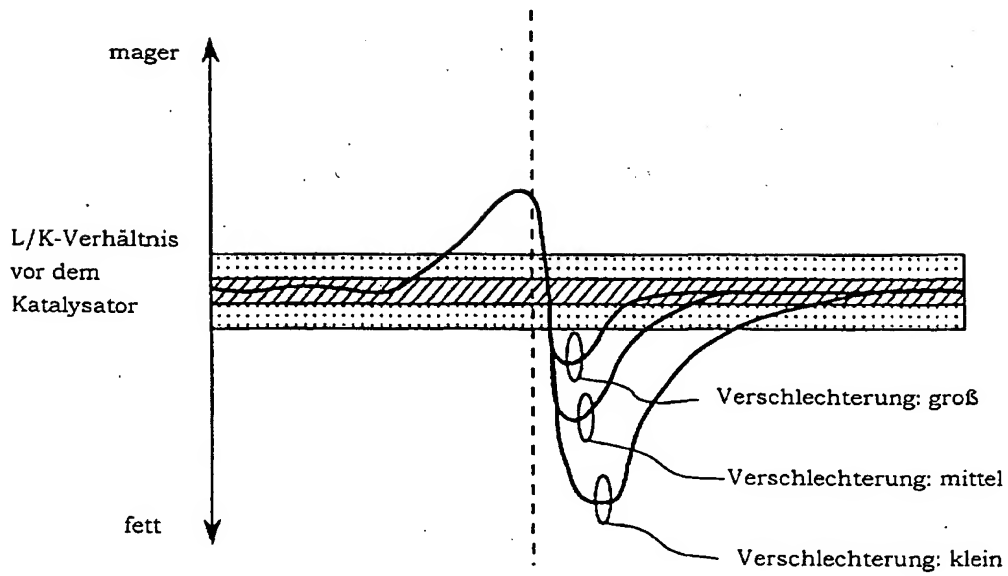


FIG. 9

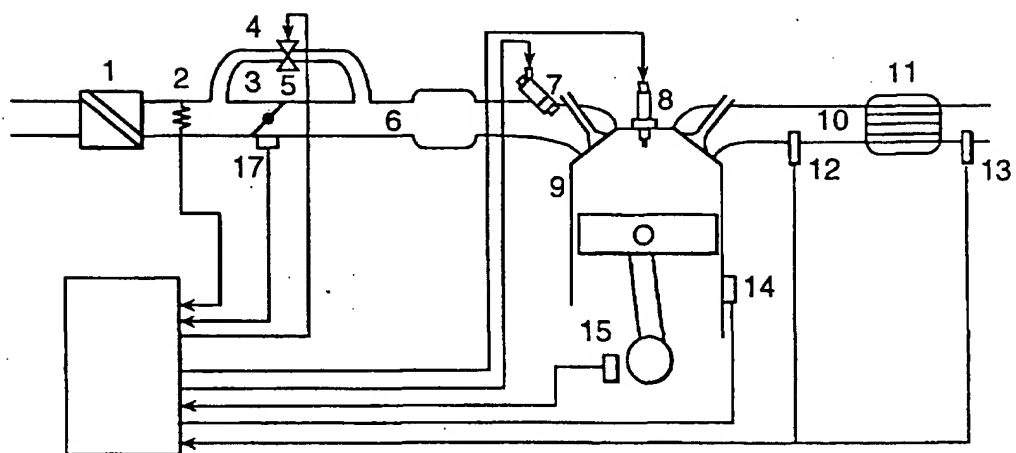


FIG. 10

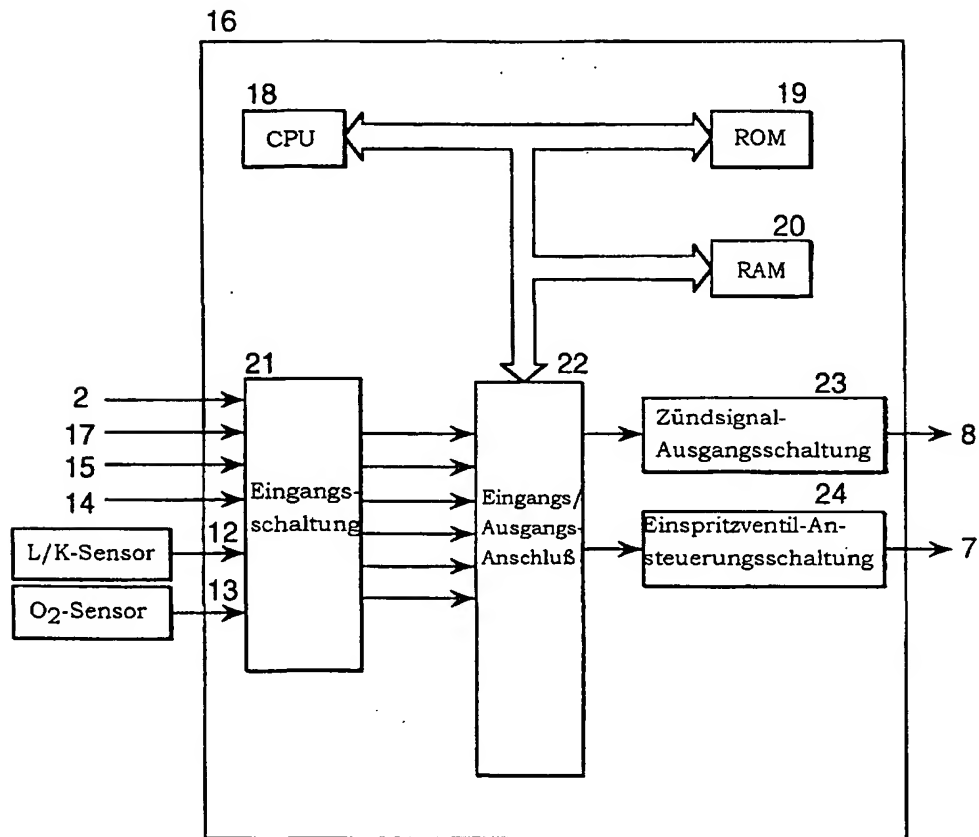


FIG. 11

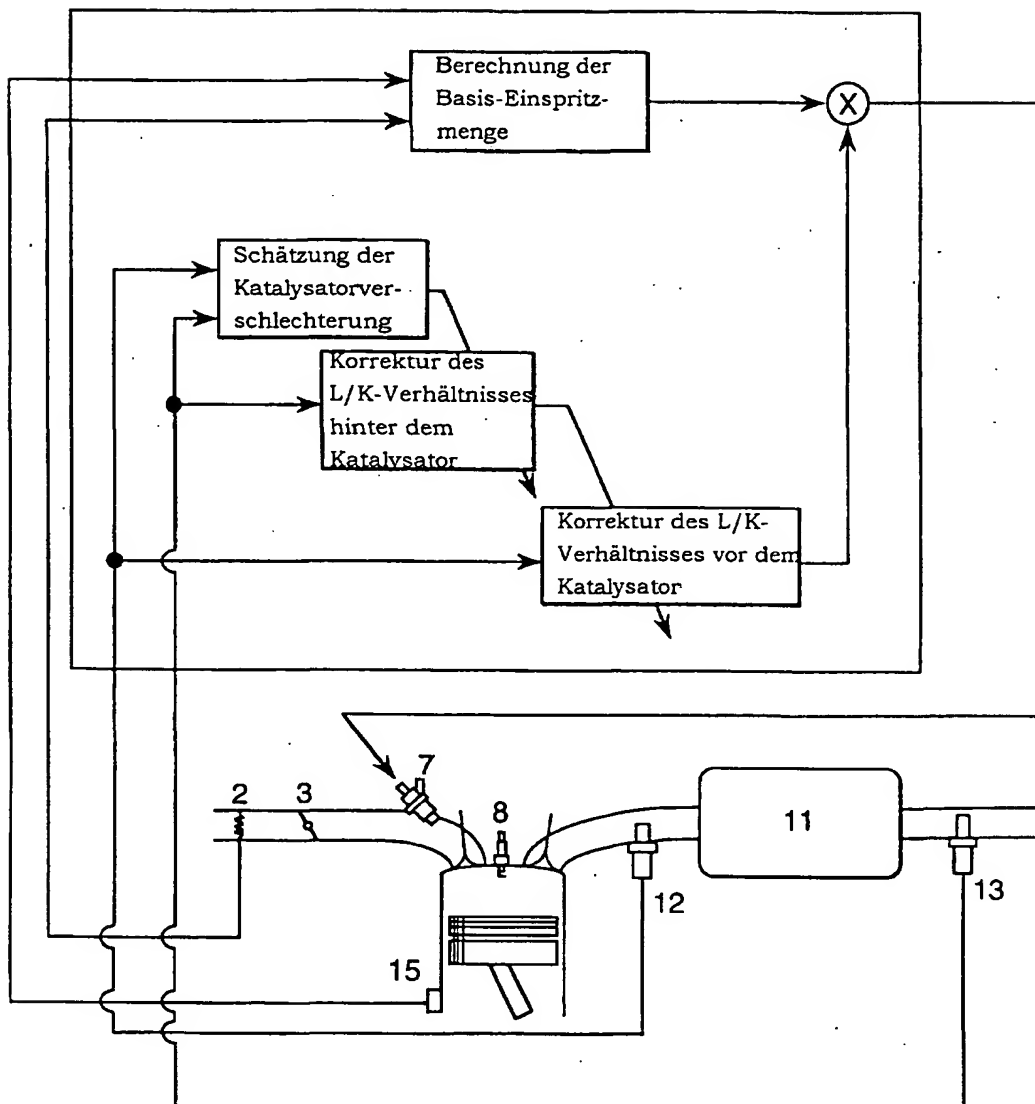


FIG. 12

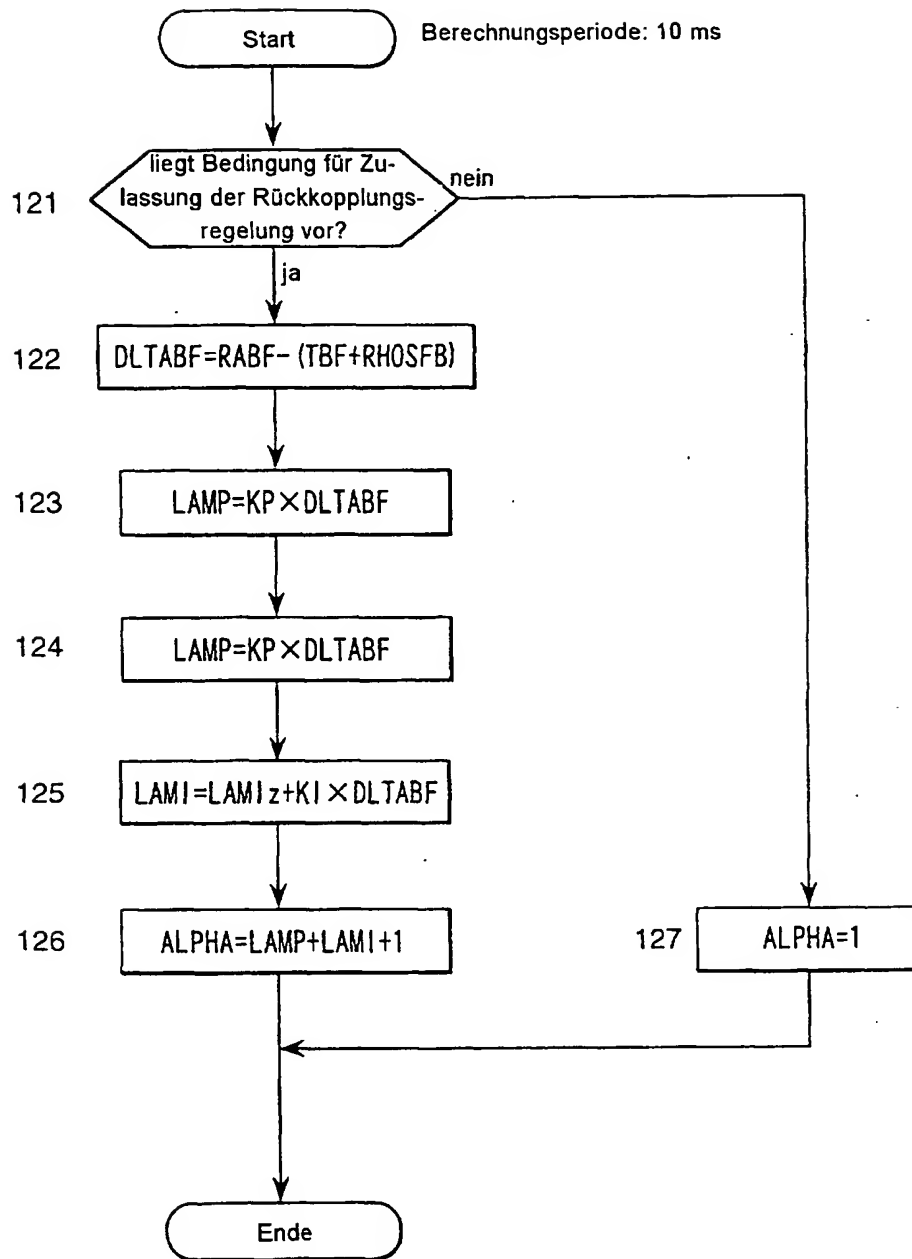


FIG. 13

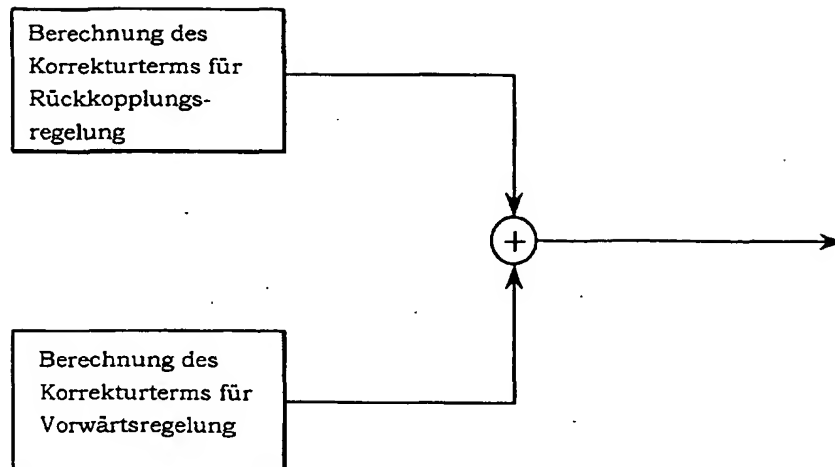


FIG. 22

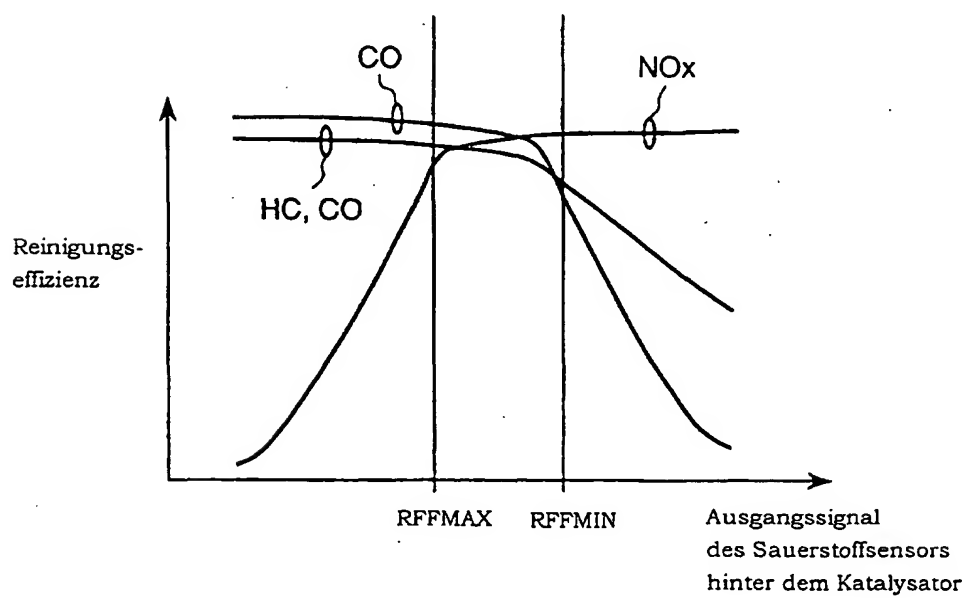


FIG. 14

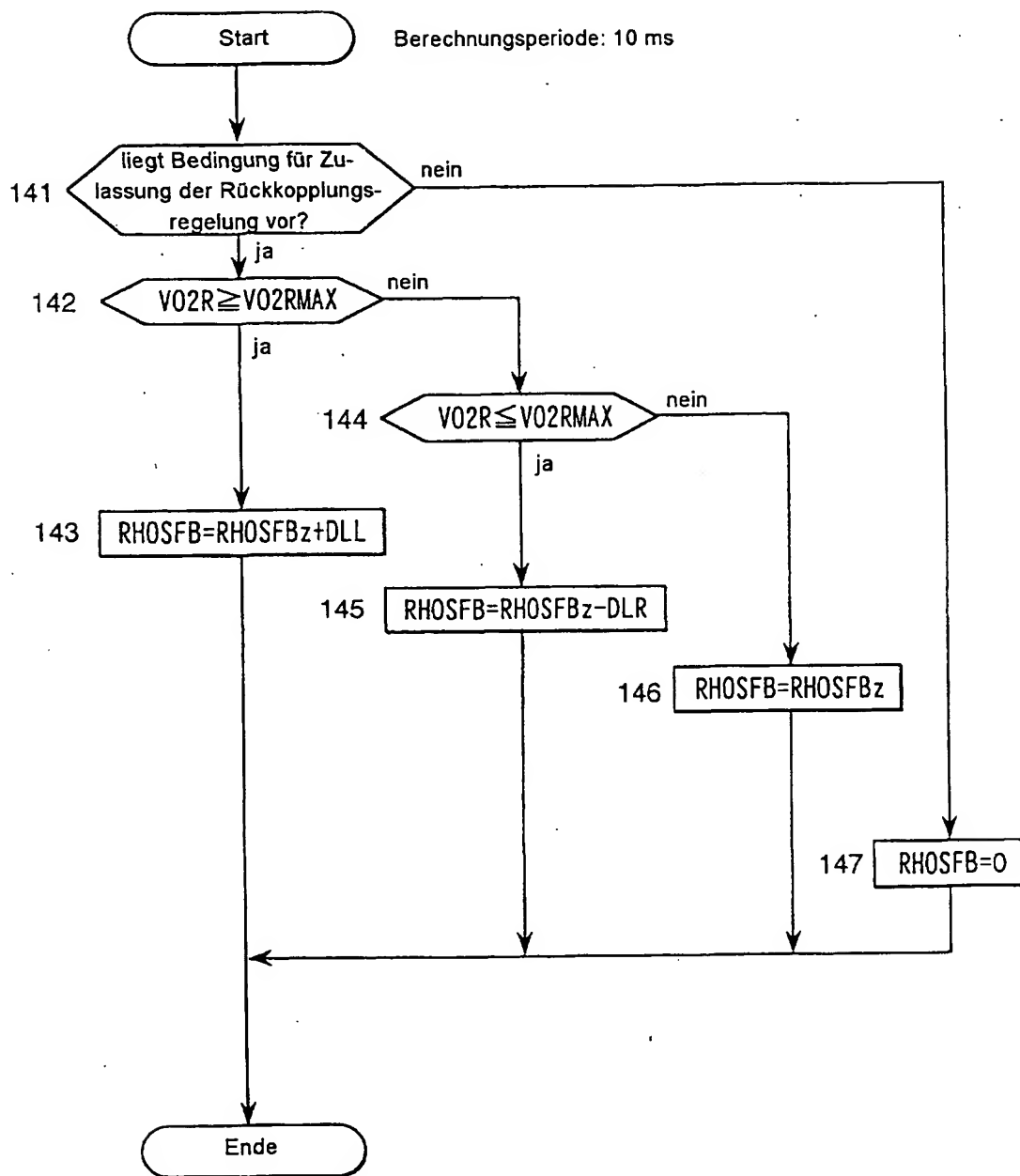


FIG. 15

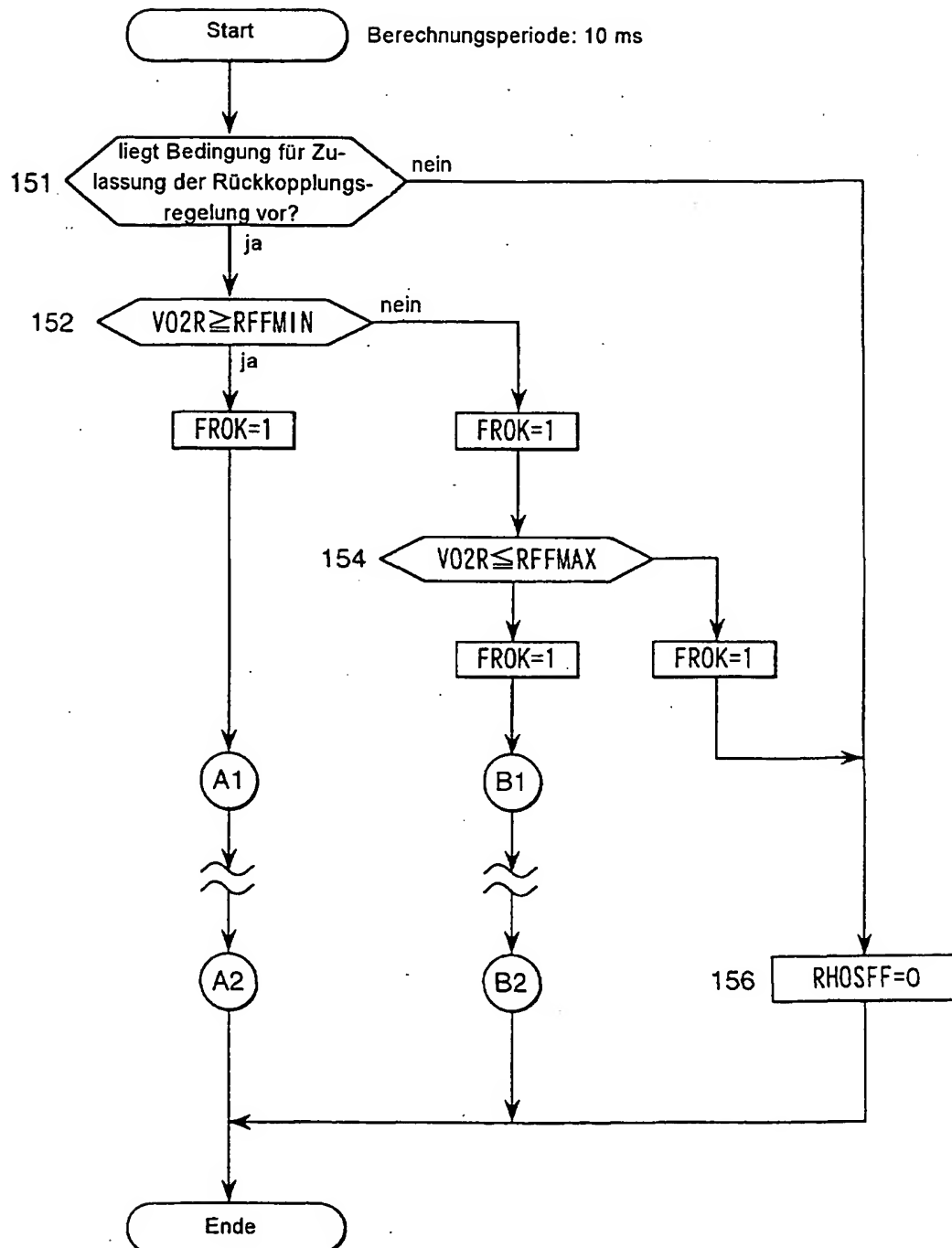


FIG. 16

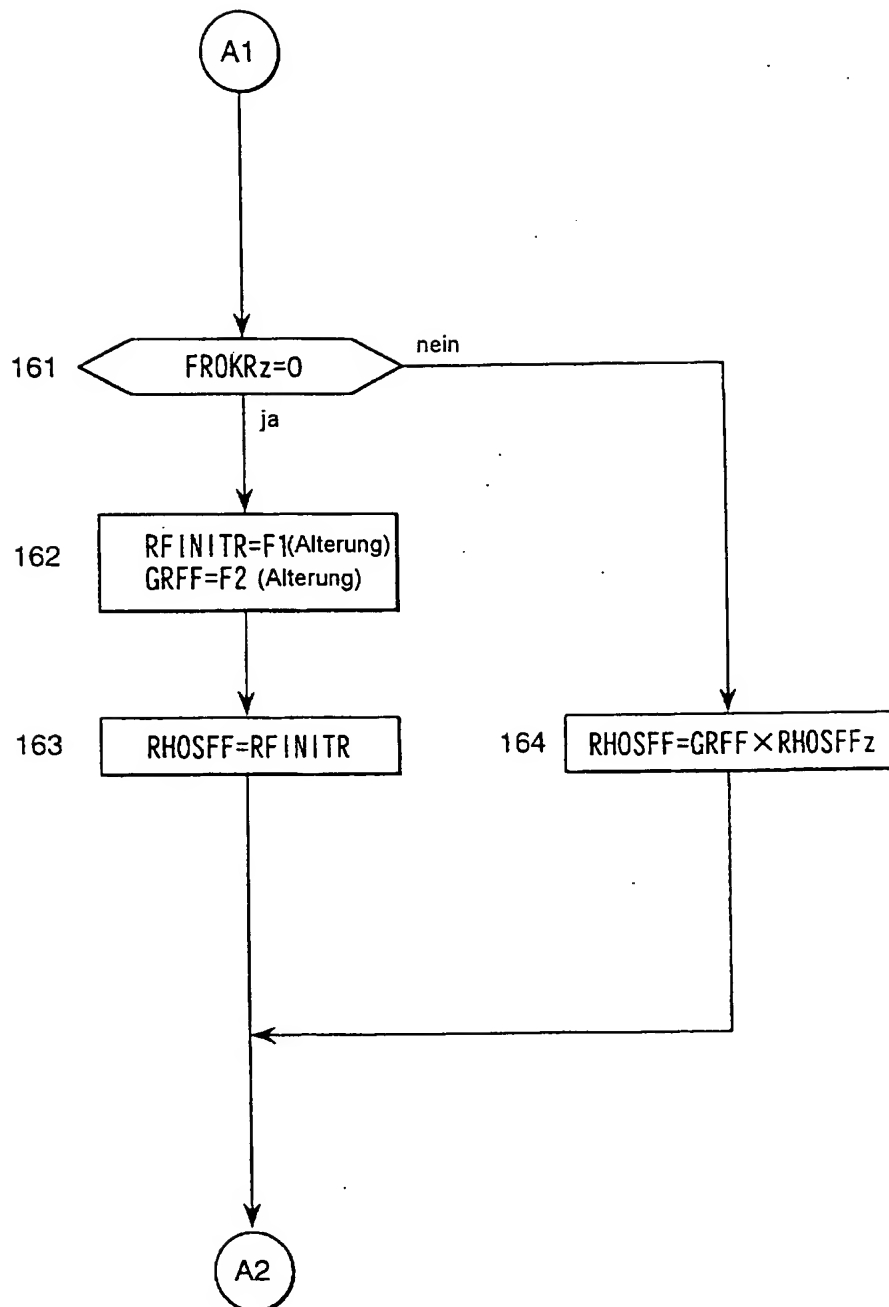


FIG. 17

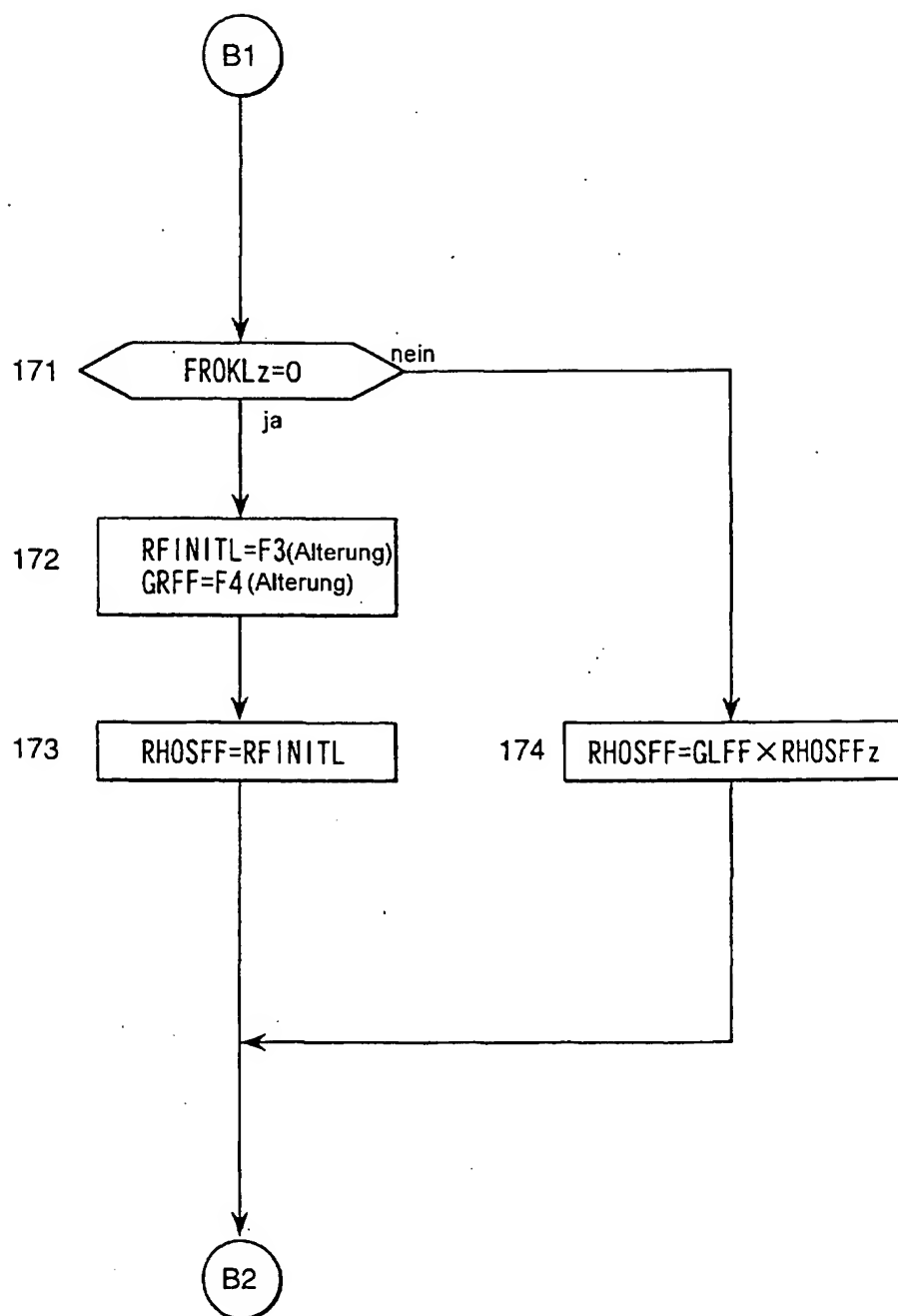


FIG. 18

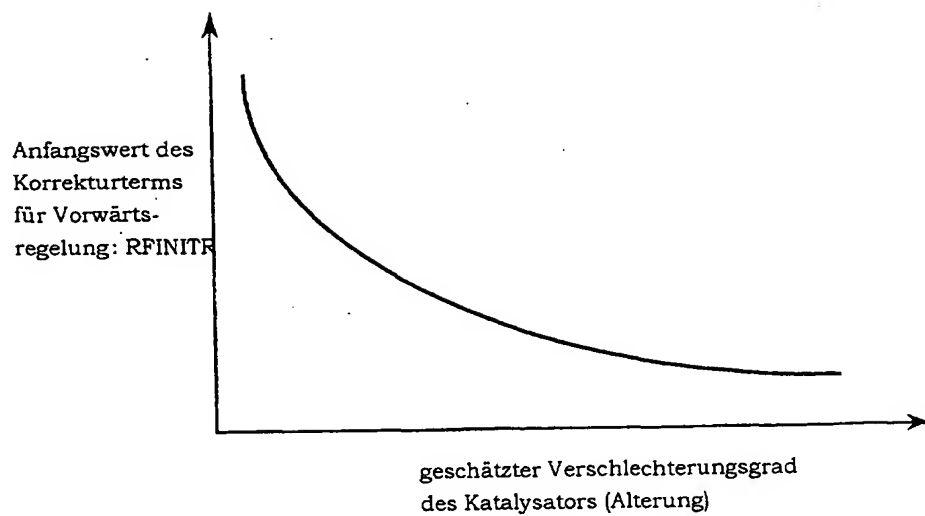


FIG. 19

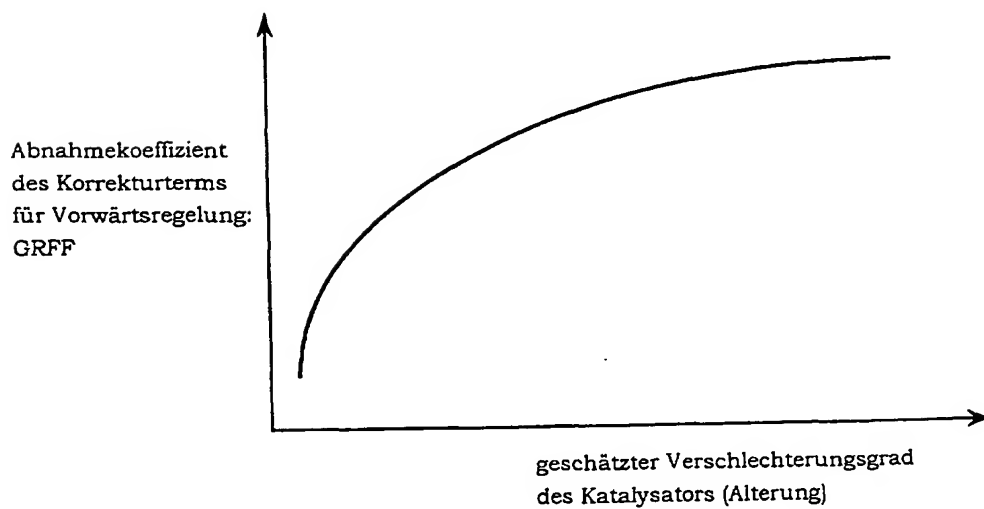


FIG. 20

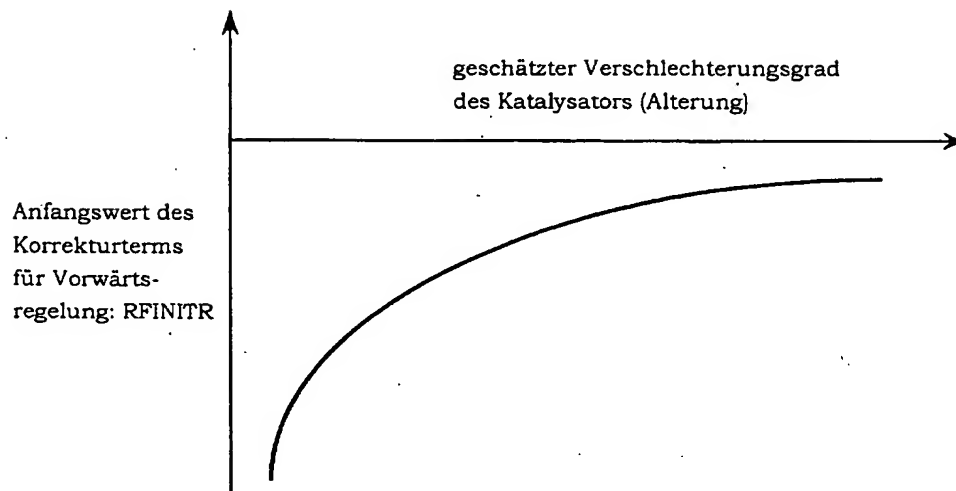


FIG. 21

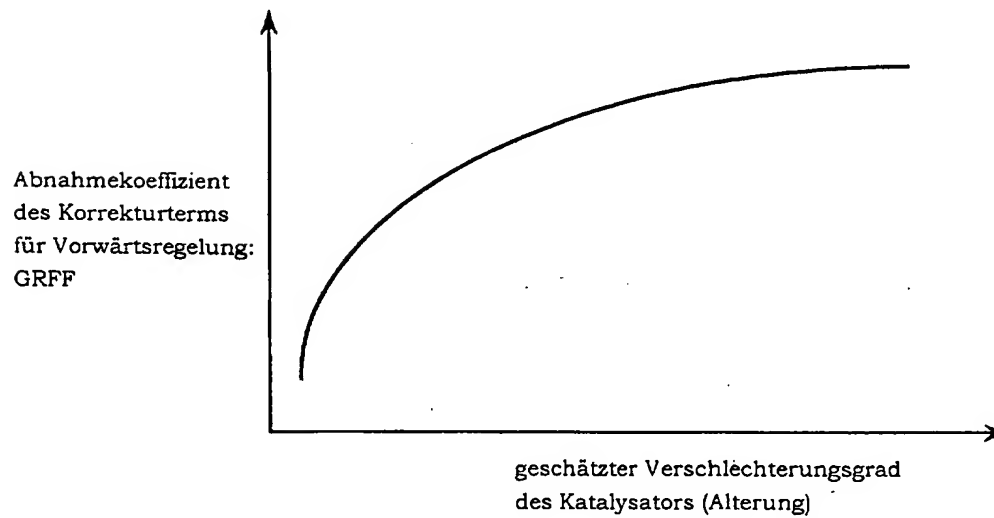


FIG. 23

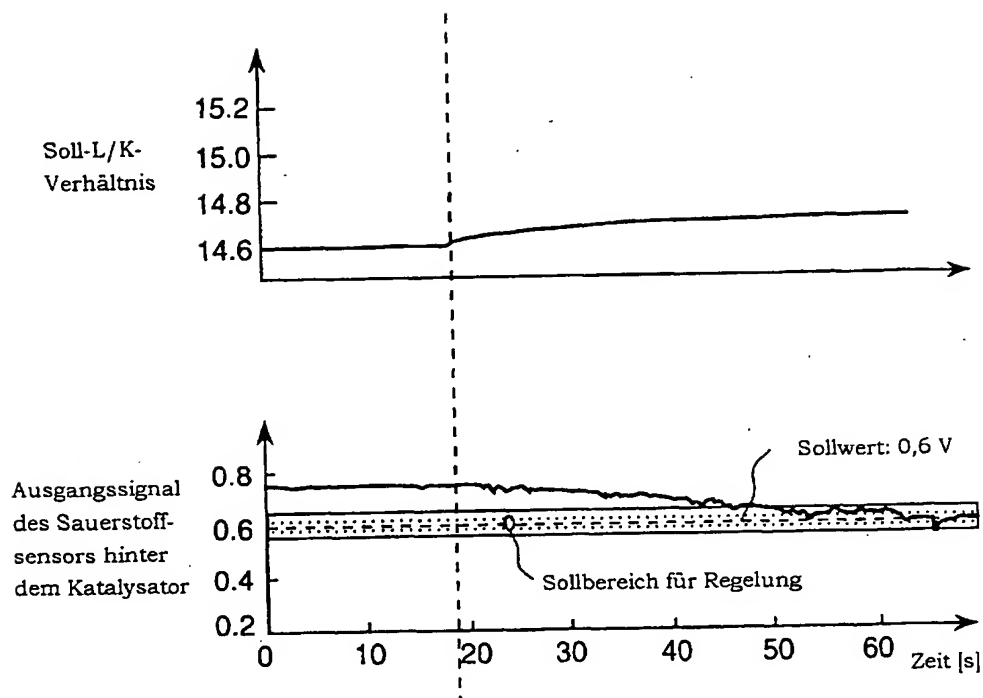


FIG. 24

